

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。

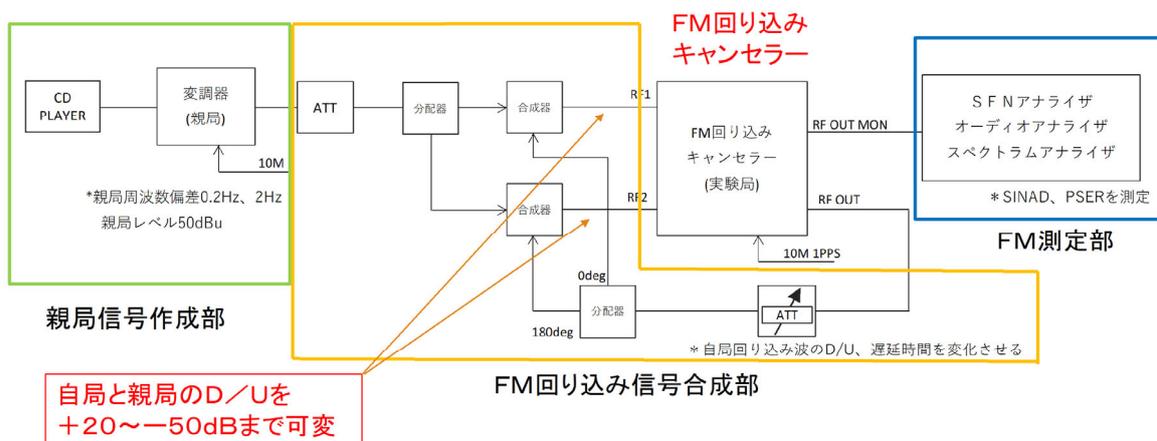


図4-1 屋内試験の基本系統図



図4-2 親局信号作成部

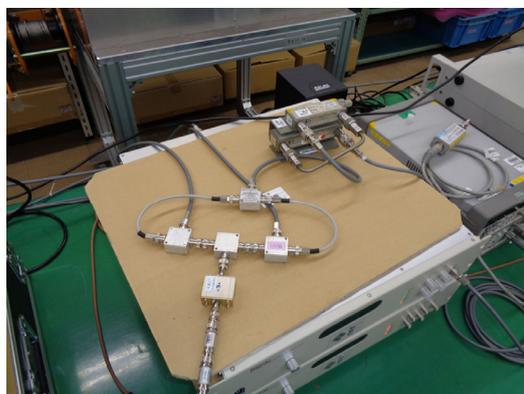


図4-3 FM回り込み信号合成部

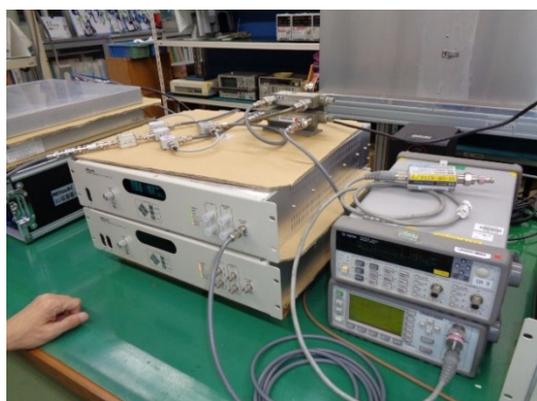


図4-4 FM回り込みキャンセラー

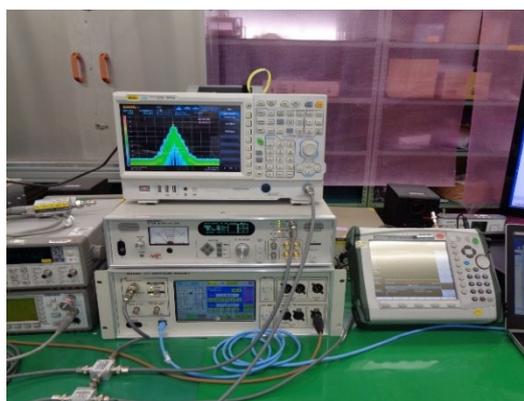


図4-5 FM測定部

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)

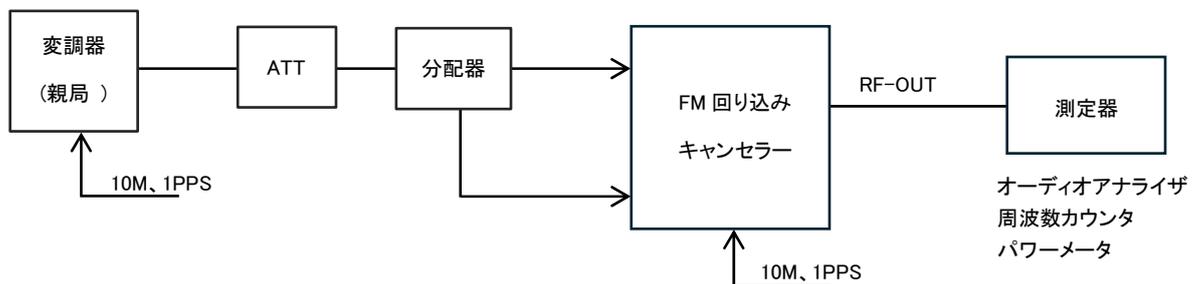


図4-6 中継装置としての基本性能確認 測定系統図

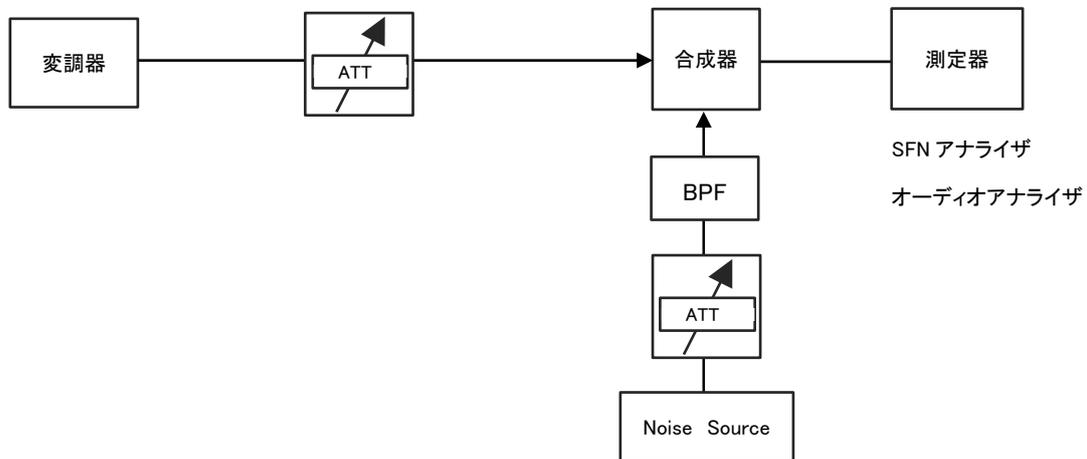


図4-7 SINADとPSERの関係 測定系統図

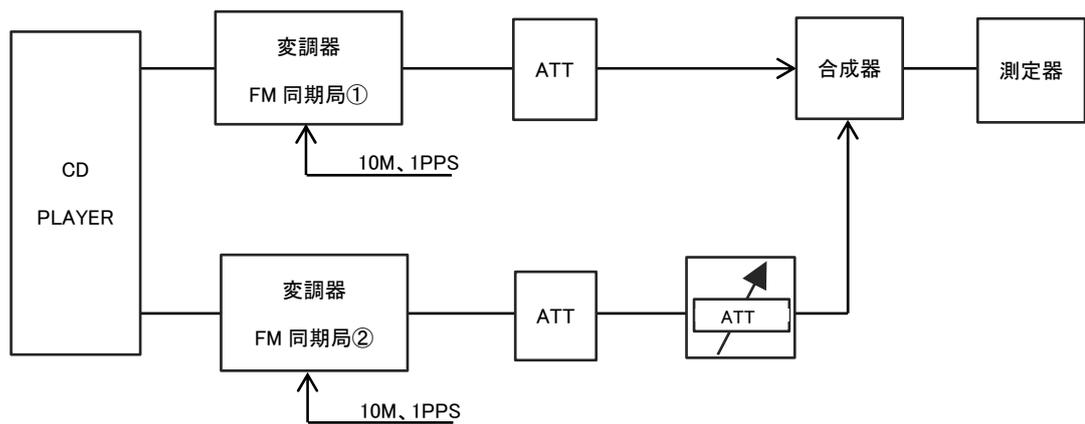


図4-8 FM同期放送の確認用 測定系統図

(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+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、「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。

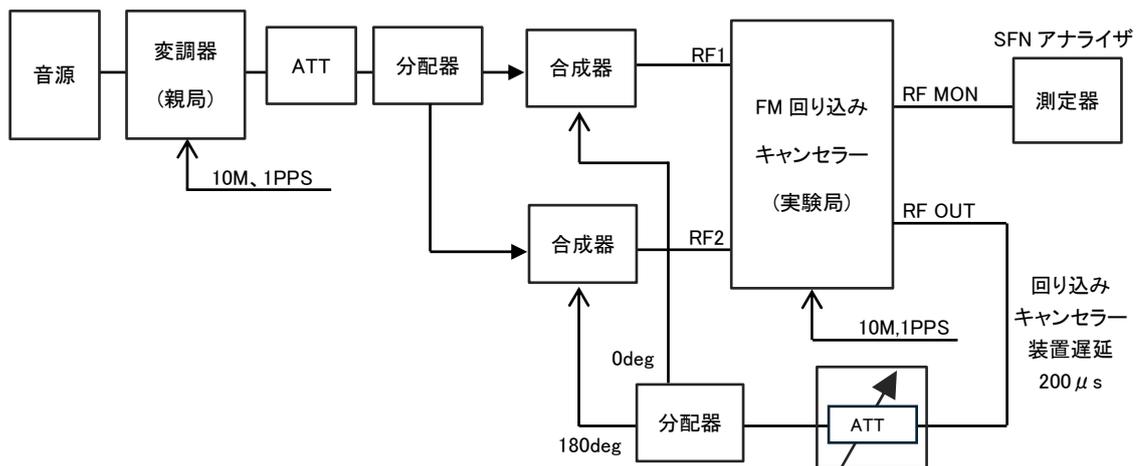


図4-9 FM中継局—FM 実験局を想定した屋内試験(条件①) 系統図

(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+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。

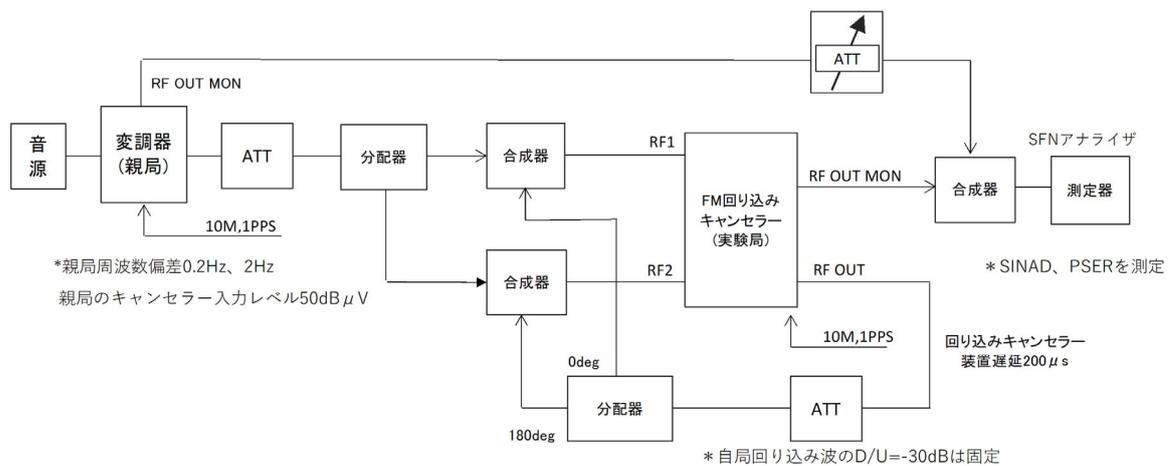


図4-10 条件② 測定系統図

(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+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、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200μs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200μsに設定し、遅延時間差が0μsから遅延時間差及びD/Uを変えて試験を行った。試験系統図を図4-11に示す。

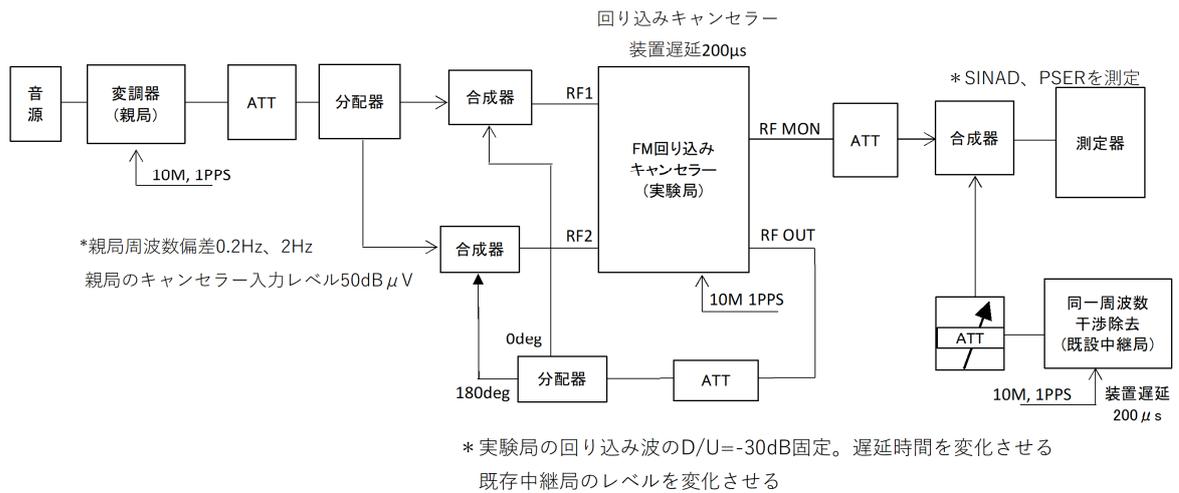


図4-11 条件③測定系統図

(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。

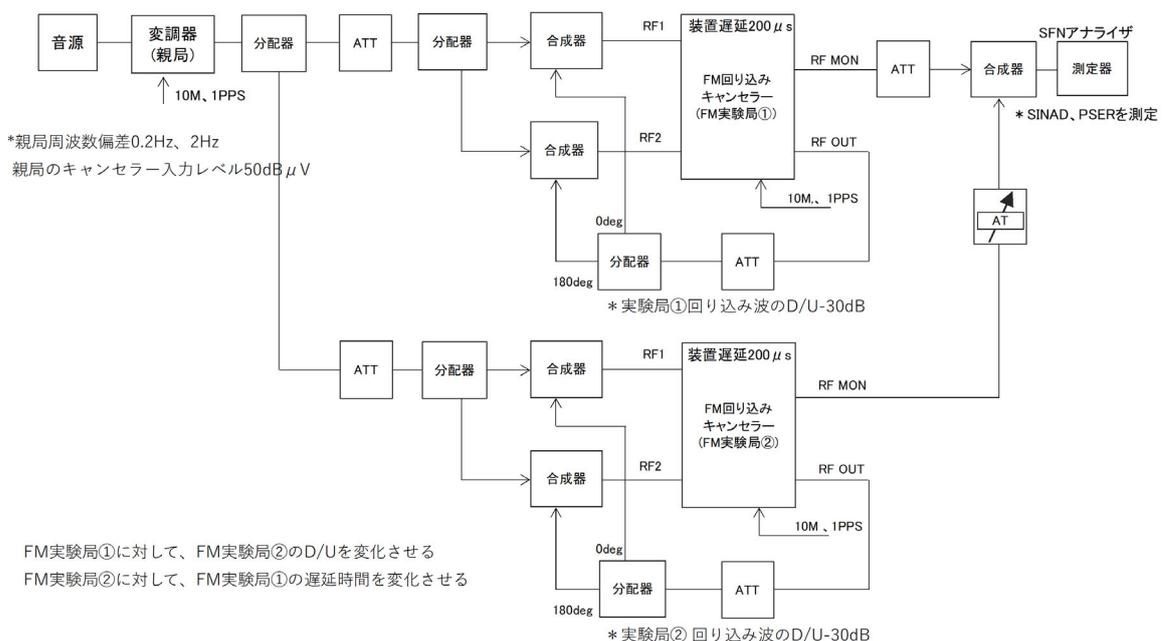


図4-12 条件④ 測定系統図

(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+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、「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・PSE R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。

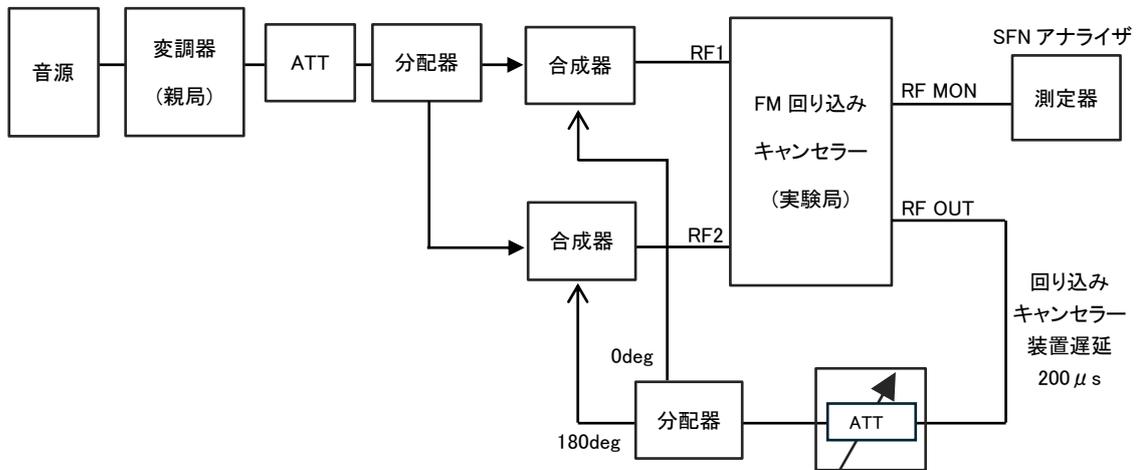


図4-13 条件⑤ 測定系統図

(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
PSE R	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）

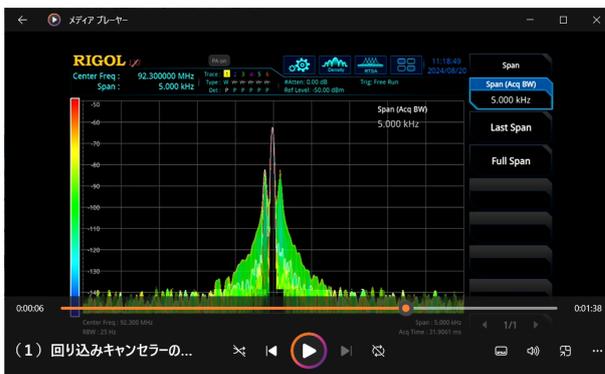


図4-17 RTスペアナによる波形観測例4

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

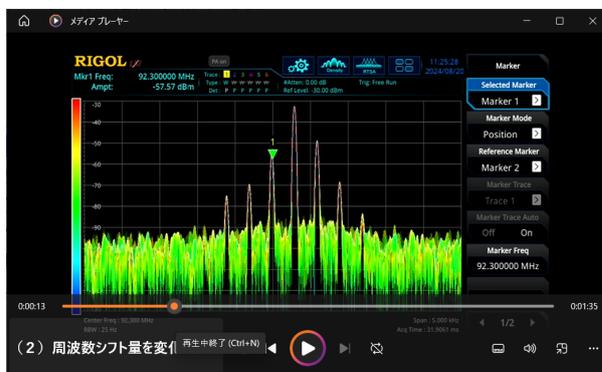


図4-20 周波数シフト-300Hz



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でも実際に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。

② SINAD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なることから、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。

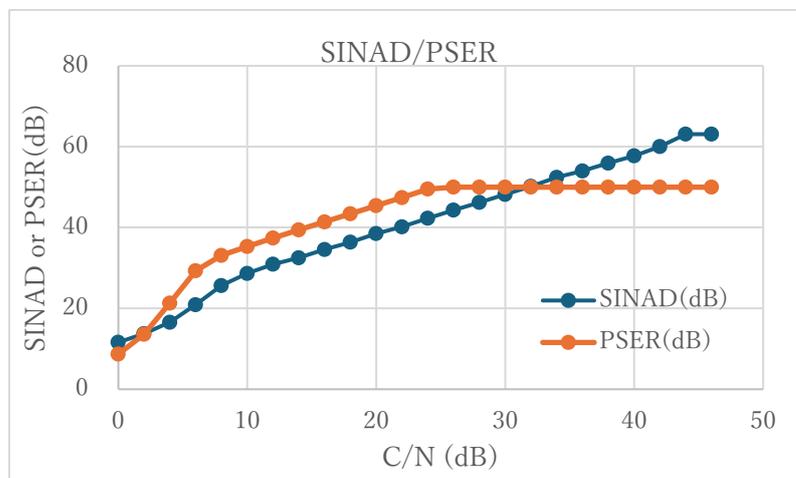


図4-24
SINADとPSERの比較
(対C/N)

(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。

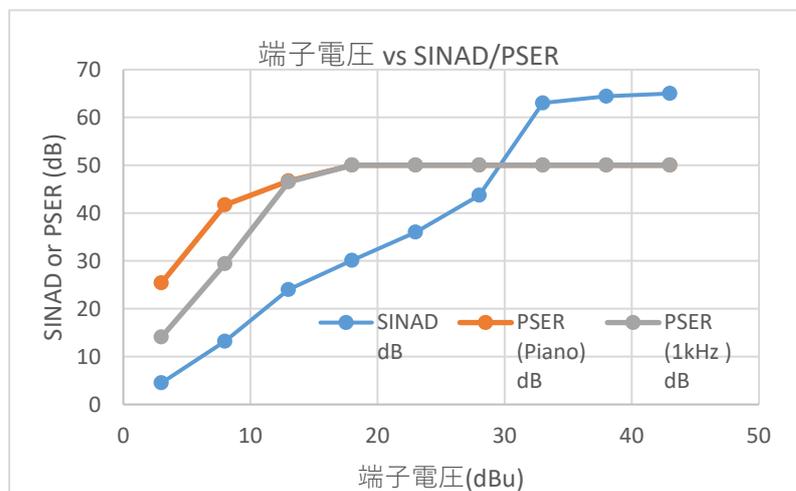


図4-25
SINADとPSERの比較
(対端子電圧)

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 μ s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。

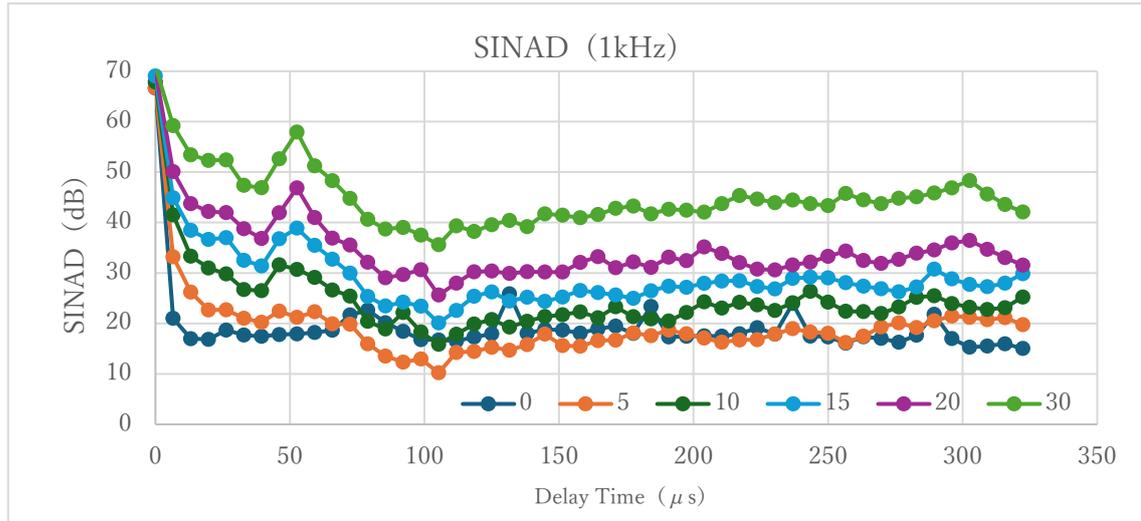


図4-26 FM同期放送のSINAD測定グラフ

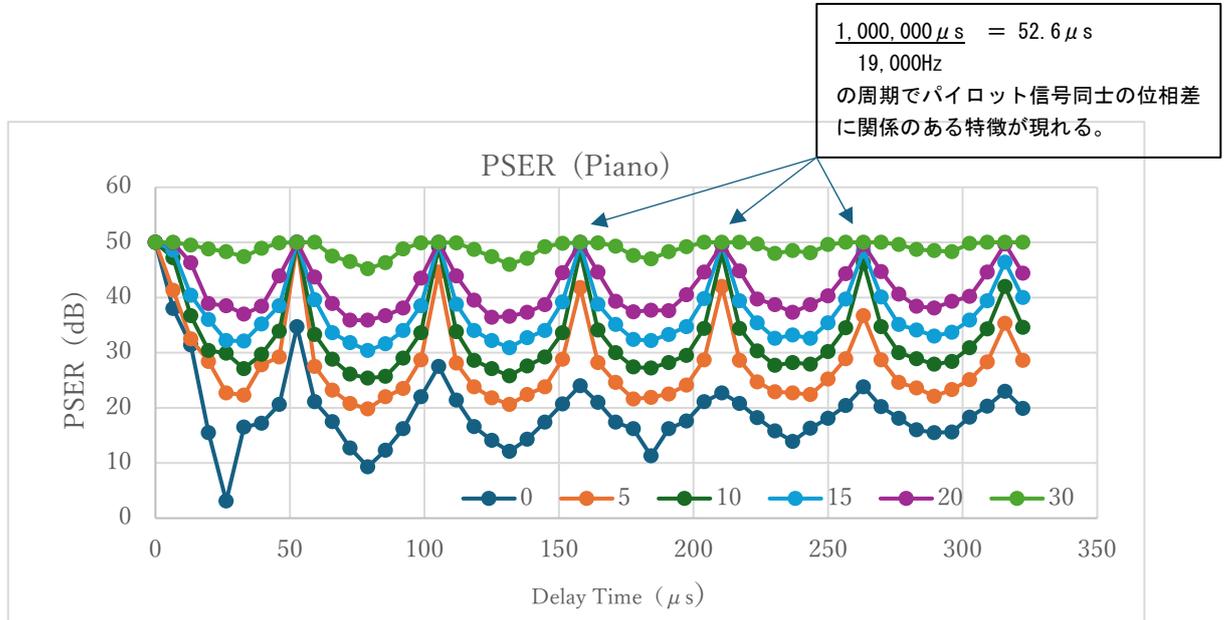


図4-27 FM同期放送のPSER測定グラフ

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 μ s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 μ s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。

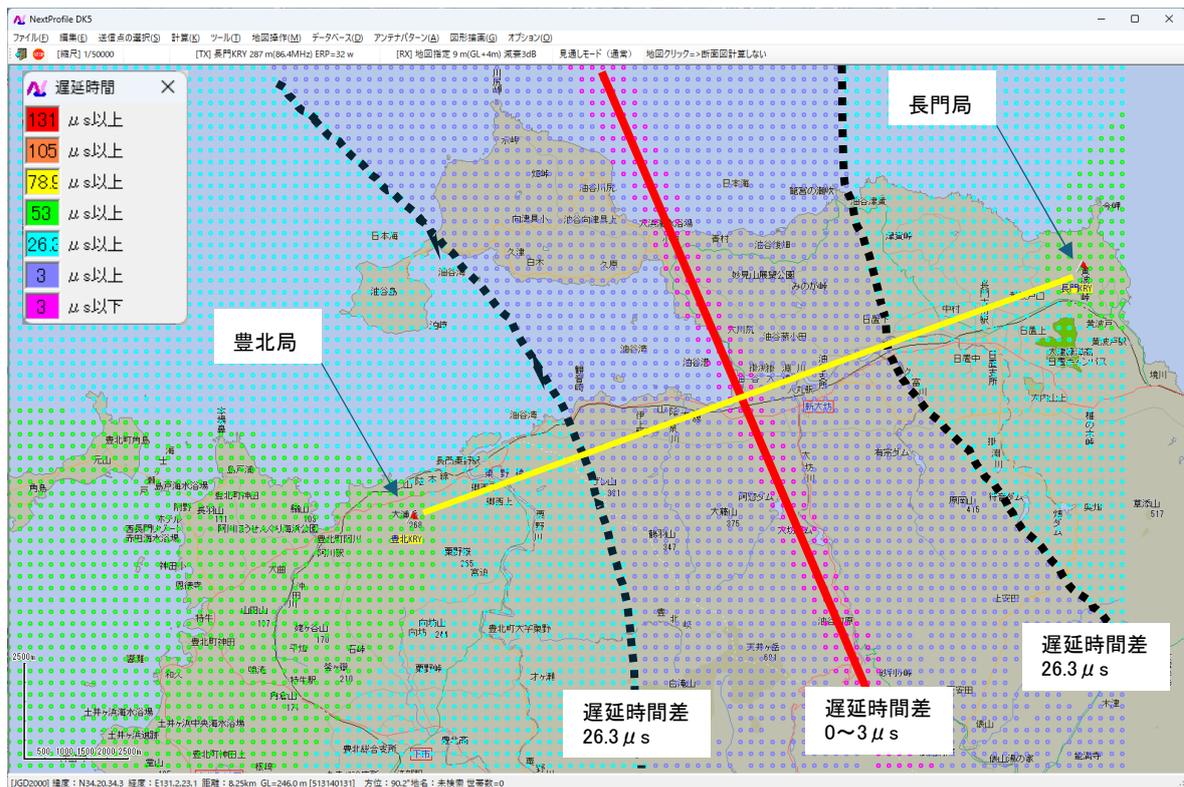


図4-28 同期放送時の遅延時間差の分布図

(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)

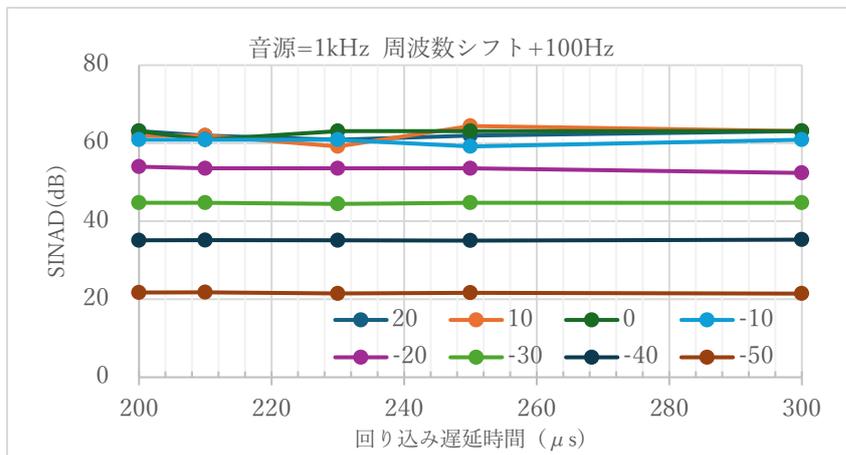


図4-29

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

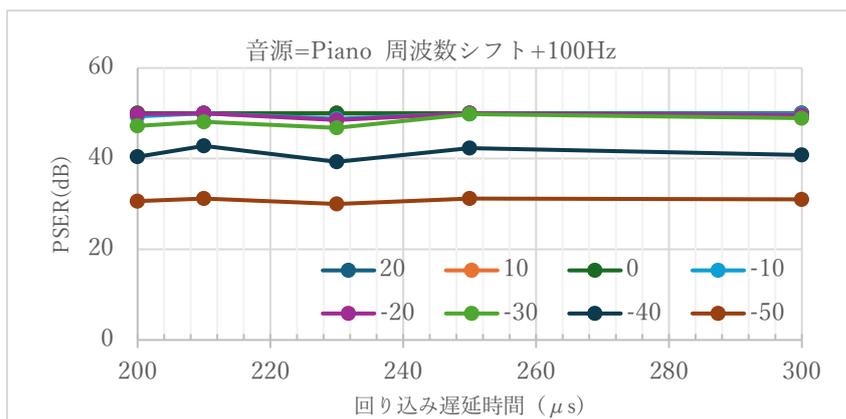


図4-30

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

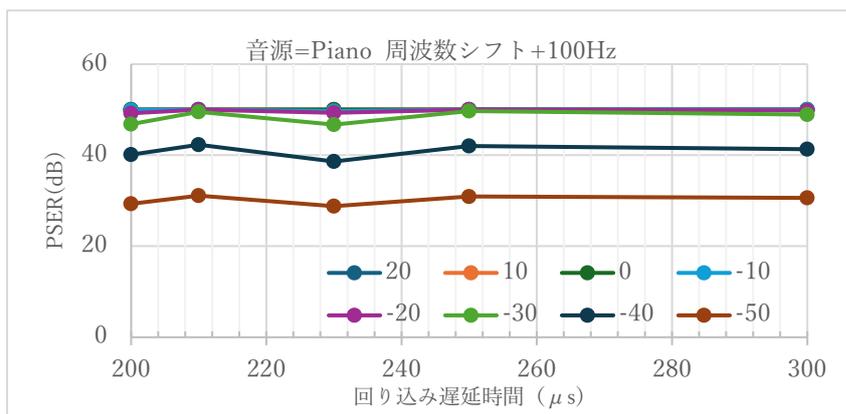


図4-31

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。

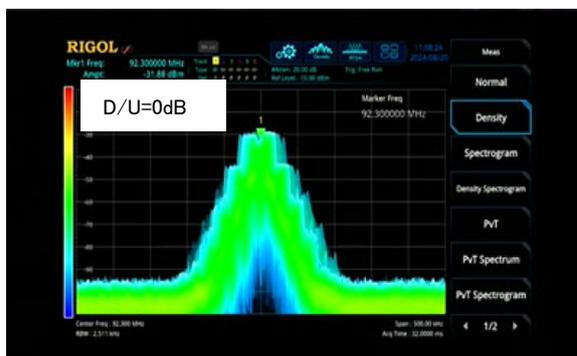


図4-32 回り込みD/U=0dB時の出力波形

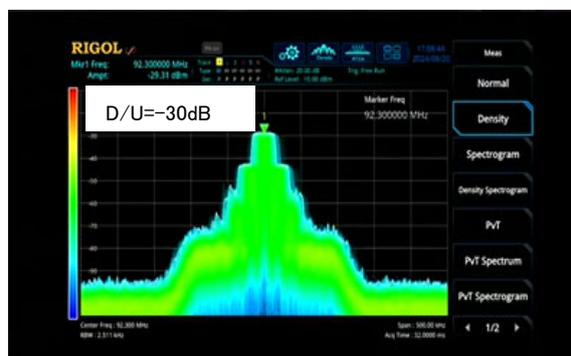


図4-33 回り込みD/U=30dB時の出力波形

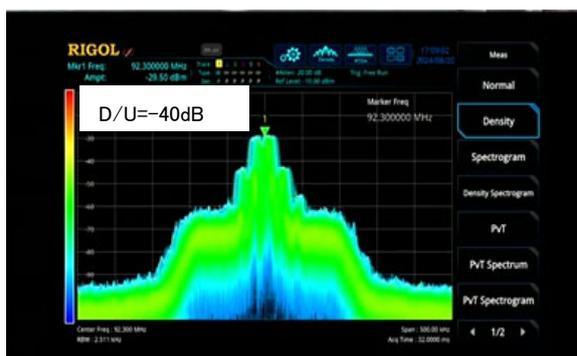


図4-34 回り込みD/U=40dB時の出力波形

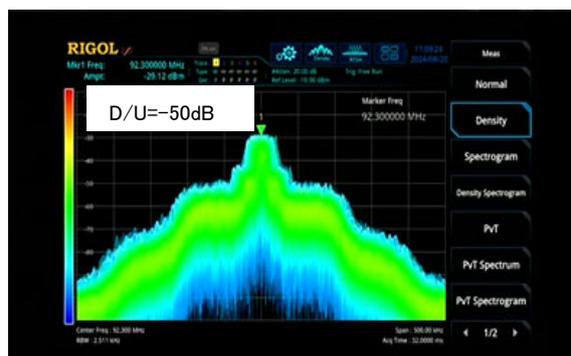


図4-35 回り込みD/U=50dB時の出力波形

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。

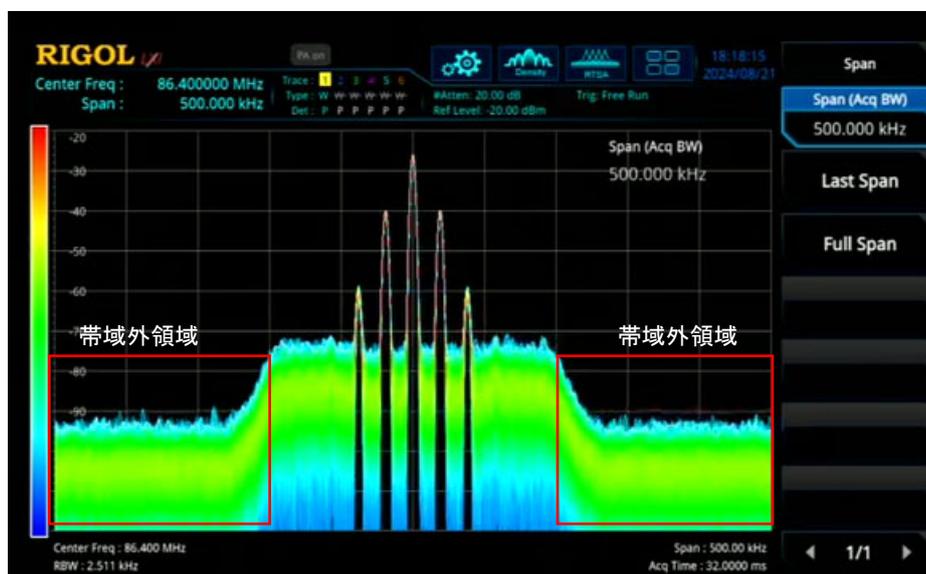


図4-36 帯域外領域へのスプリアスの影響

(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

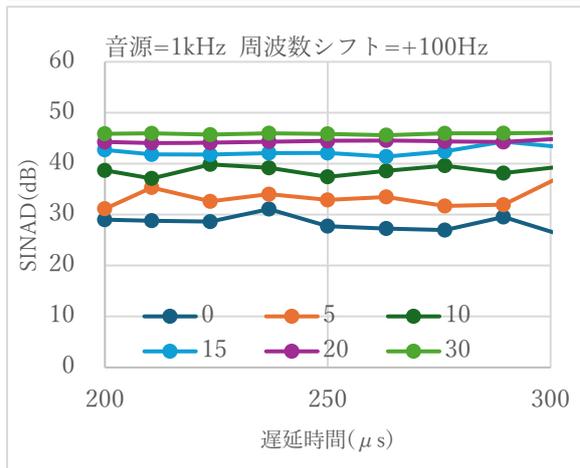


図4-37 条件② SINAD測定グラフ

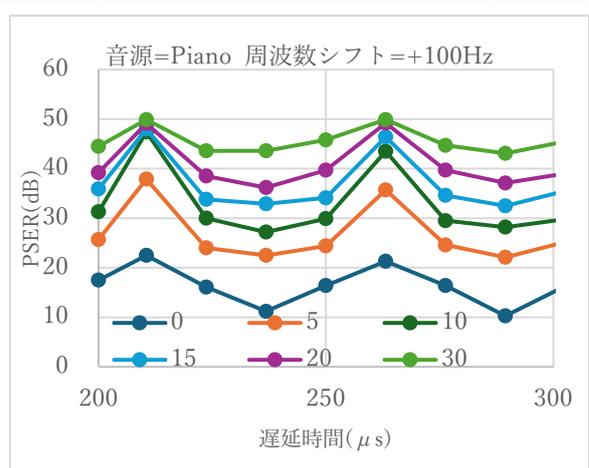


図4-38 条件② PSER測定グラフ

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 $0\mu s$ に合わせる事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		

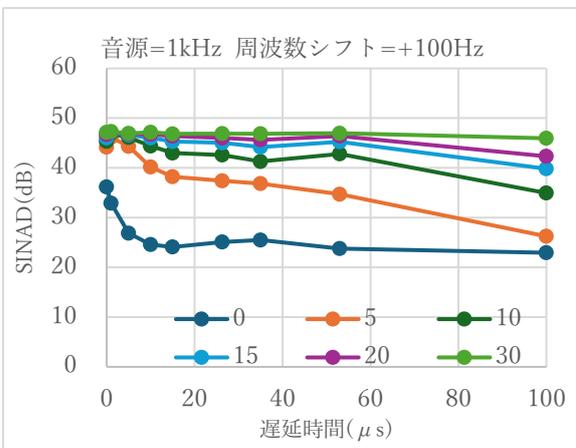


図4-39 条件③ SINAD測定グラフ

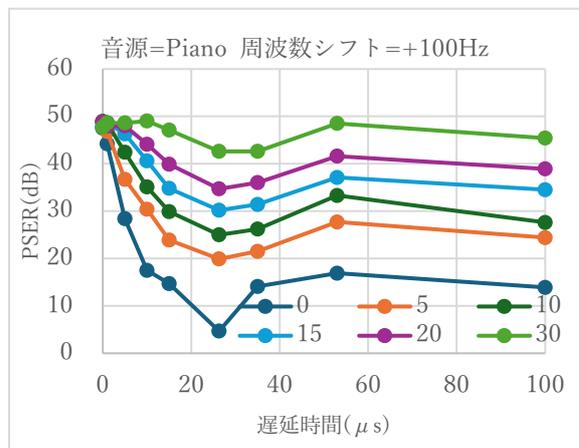


図4-40 条件③ PSER測定グラフ

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 μ sに合わせることを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

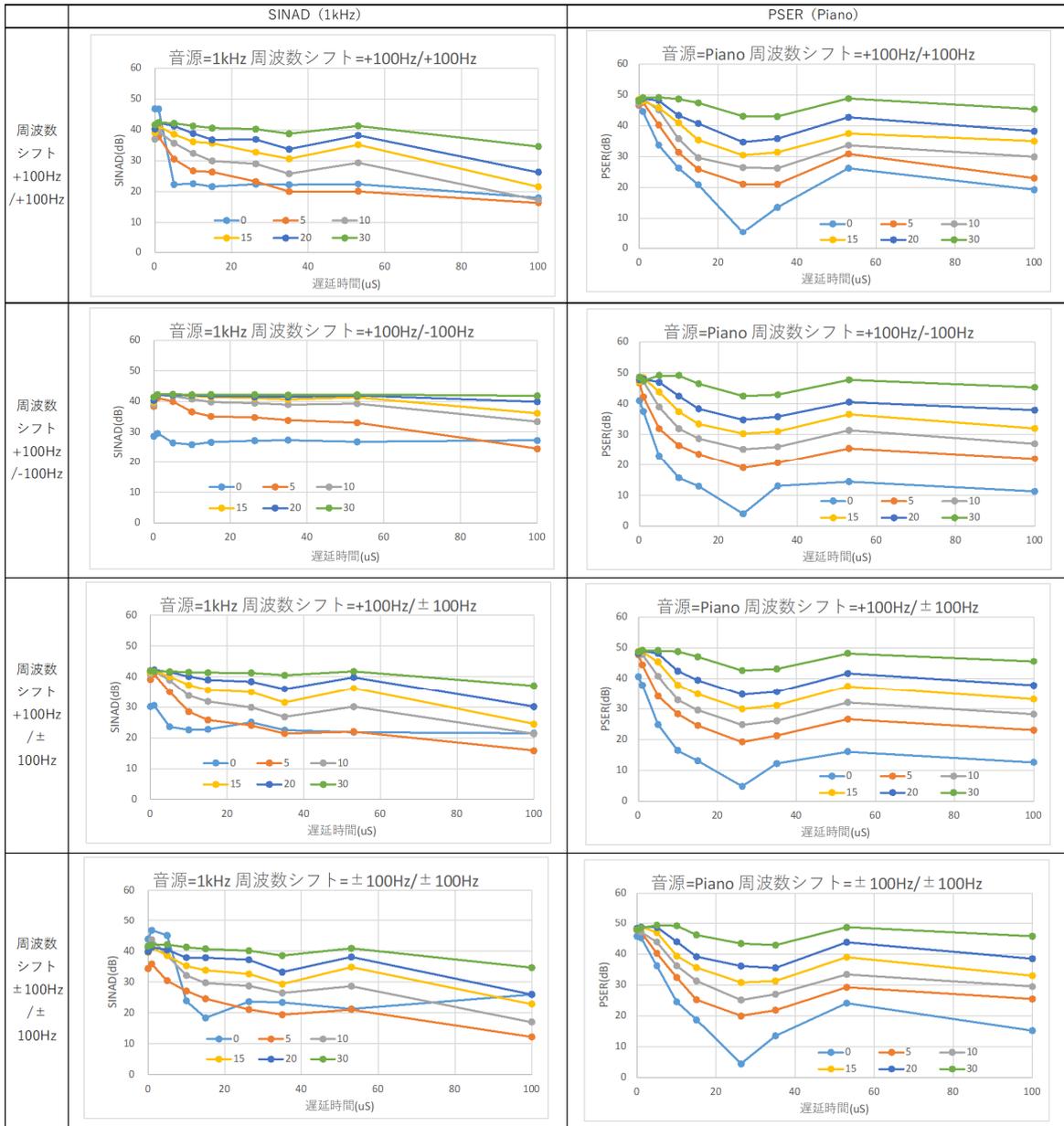


図4-41 条件④ SINAD、PSER測定グラフ

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差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 (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
	-50	23.6	23.3	23.6	23.4	23.6	27.3	30.8	30.3	32.8	31.8

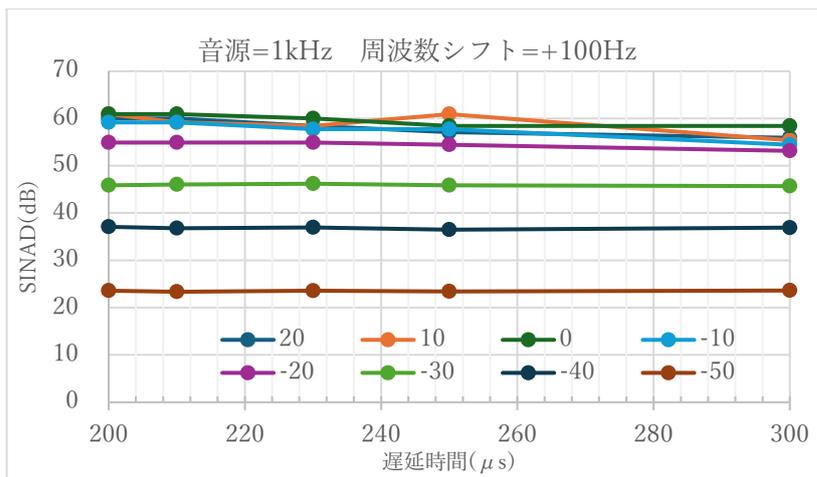


図4-42
FM回り込みキャンセラー単体試験
(シフト=+100Hz、0.2Hz偏差)
SINAD測定データ

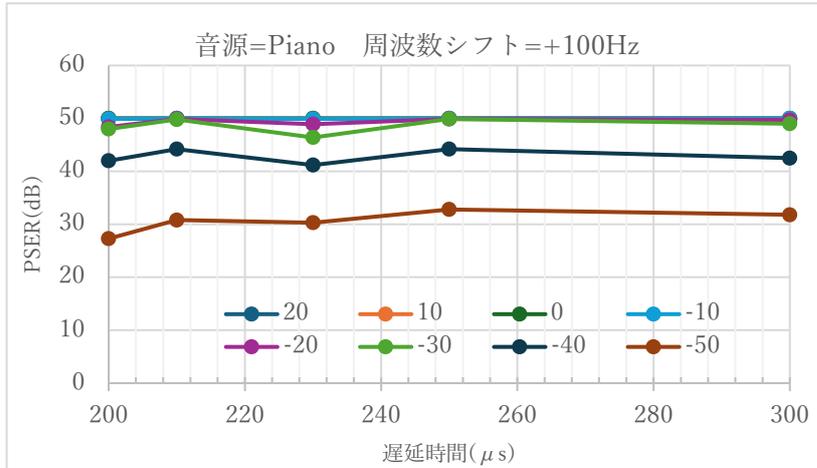


図4-43
FM回り込みキャンセラー単体試験
(シフト=+100Hz、0.2Hz偏差)
PSER測定データ

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。