

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)

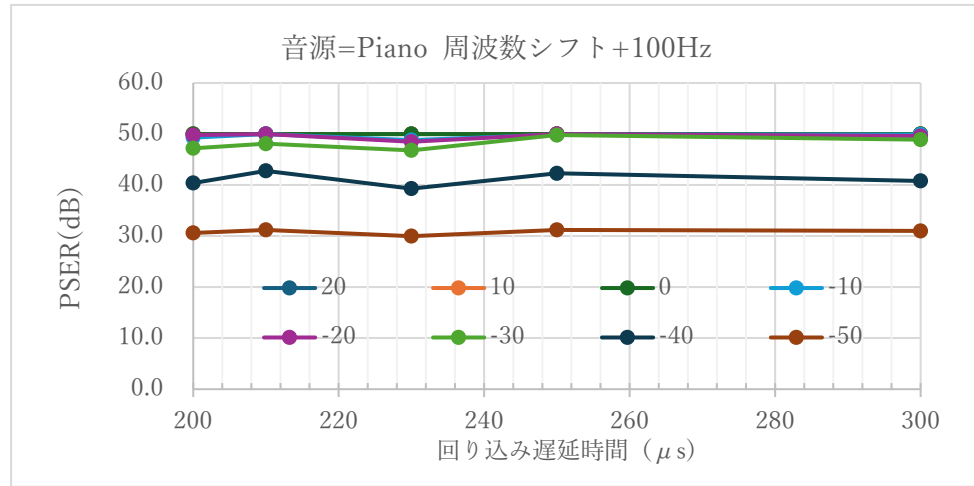


図6-1 回り込みD/UとPSERと遅延時間の関係

(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)

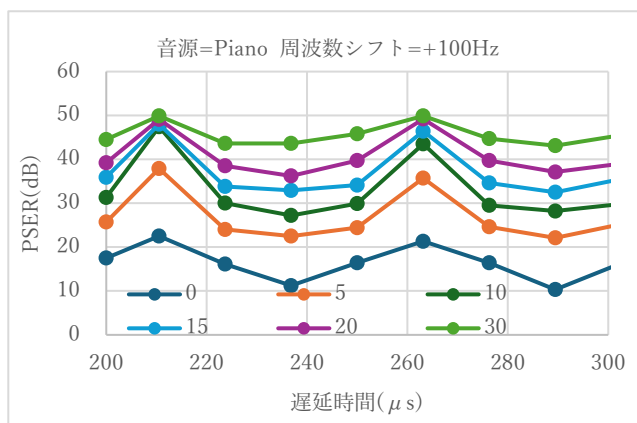


図6-2 親局と電波が交差する場合の所要D/U(屋内)

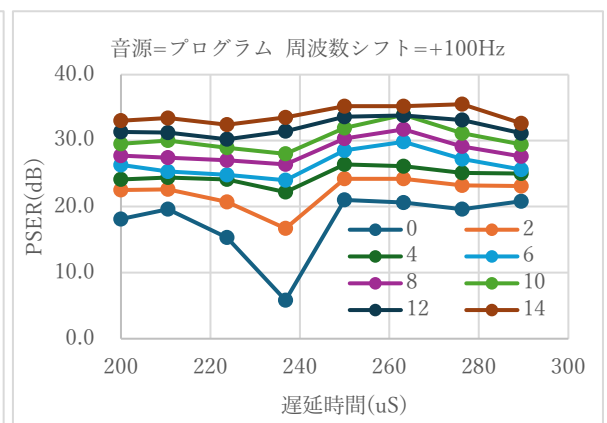


図6-3 親局と電波が交差する場合の所要D/U(屋外)

(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

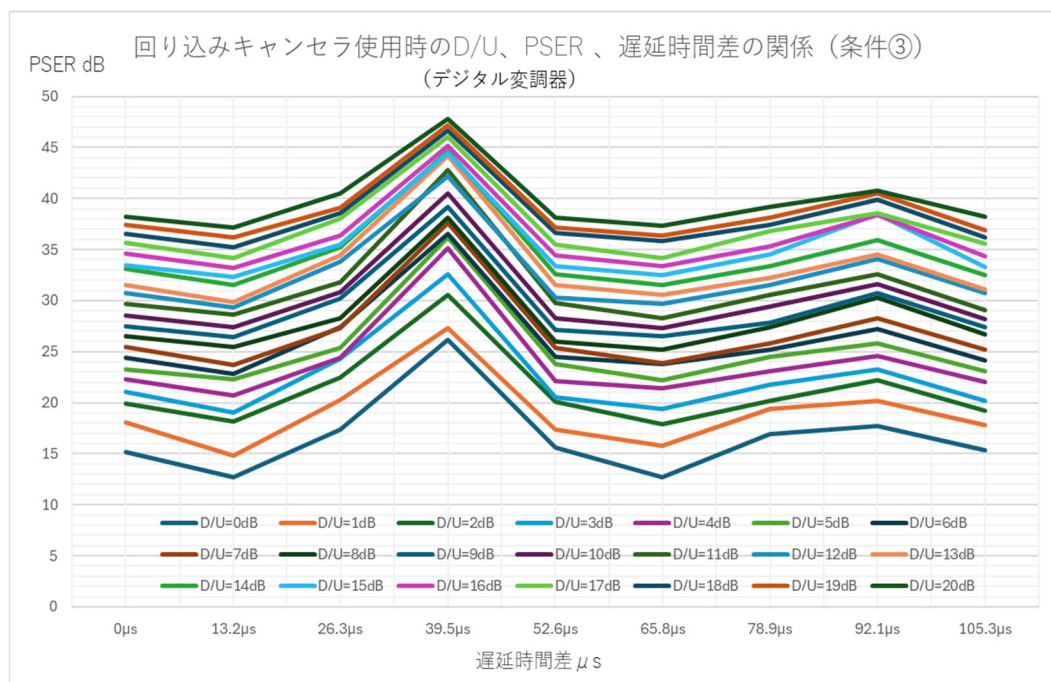


図6-4 別ルートの電波が交差する場合のエリア内所要D/U

(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

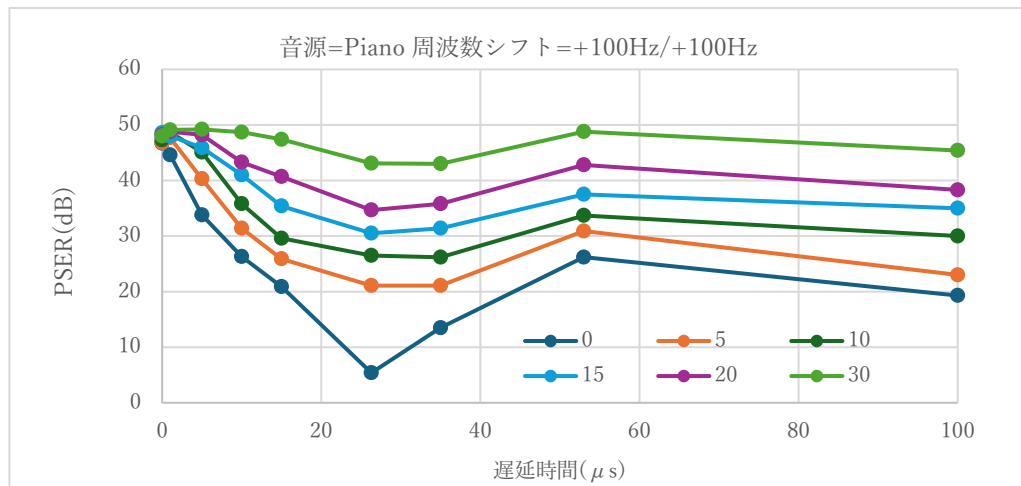


図6-5 回り込みキャンセラー局の電波が合成される場合のD/Uと遅延時間とPSERの関係(屋内)

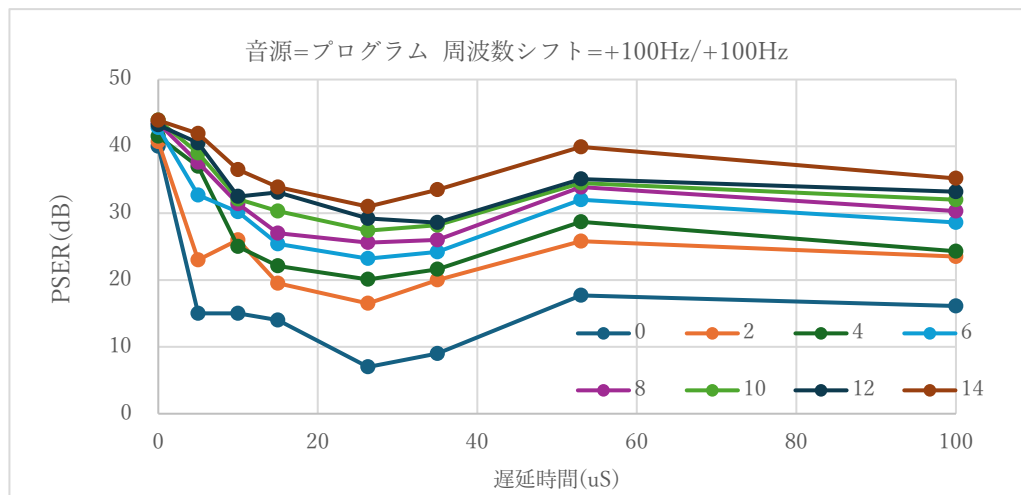


図6-6 回り込みキャンセラー局の電波が合成される場合のD/Uと遅延時間とPSERの関係(屋外)

(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)

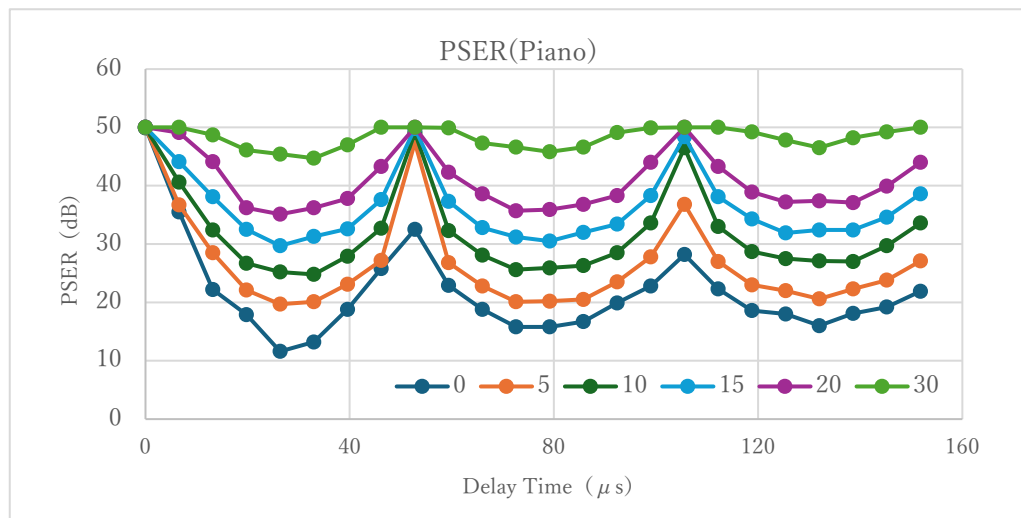


図6-7 同期放送の電波が交差する場合のD/Uと遅延時間

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。