

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。

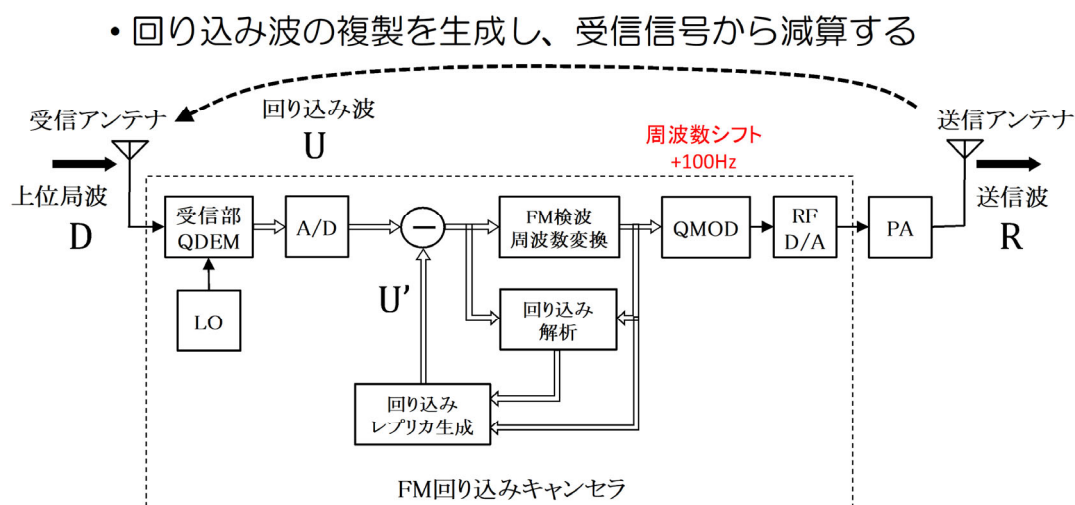


図2-1. FM回り込みキャンセラー装置の構成図

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)

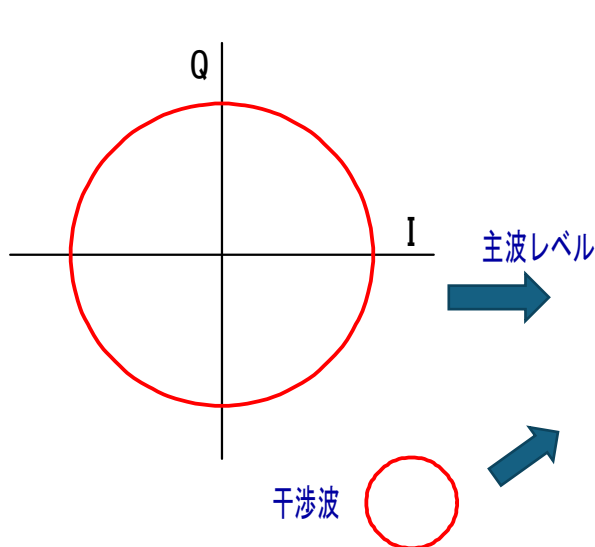


図2-3 干渉が無いFM変調信号

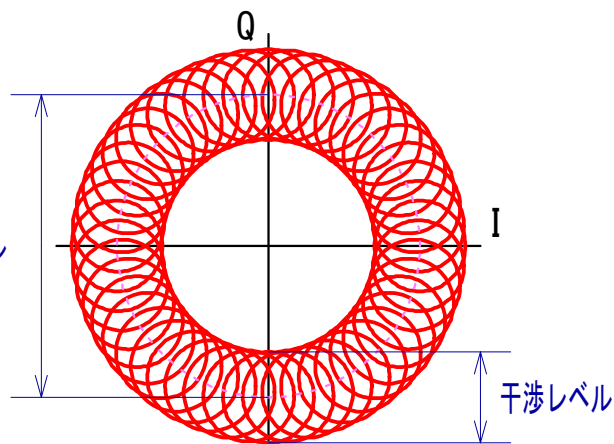


図2-4 干渉があるFM変調信号

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

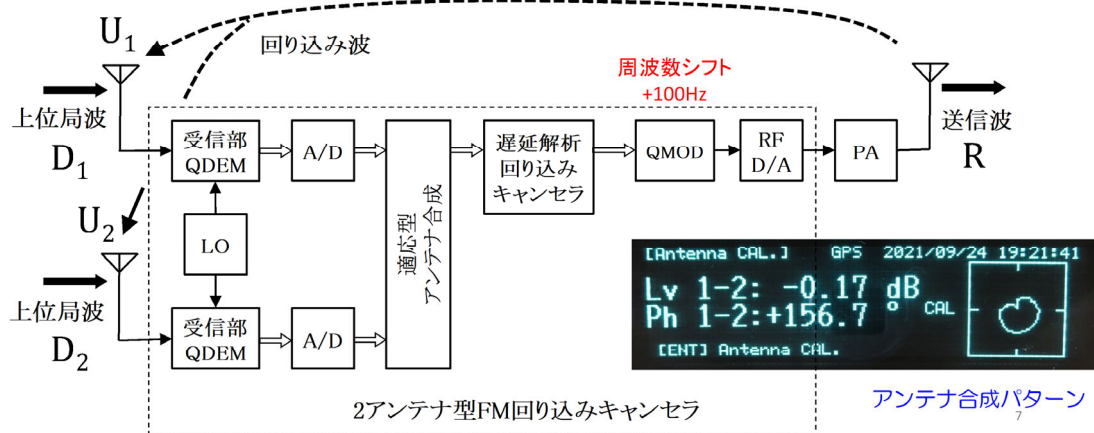


図2-5 「2アンテナタイプ」の回り込みキャンセラーの構成図

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。

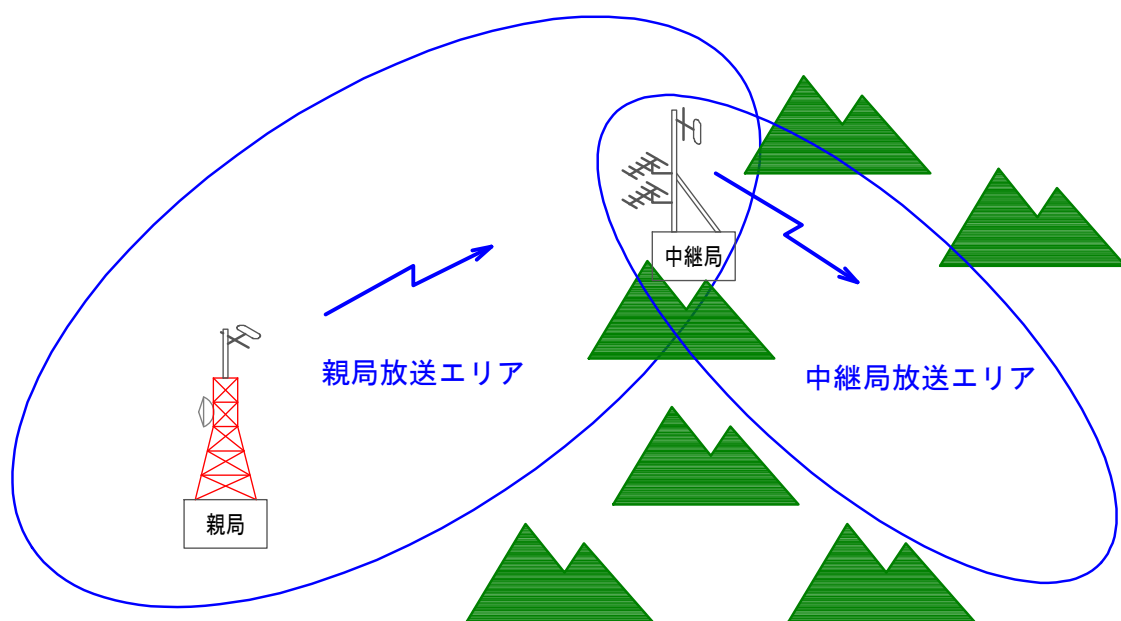


図 2-6 FM 回り込みキャンセラーによる放送波中継局の設置イメージ

2.3 同一放送波中継装置の導入事例

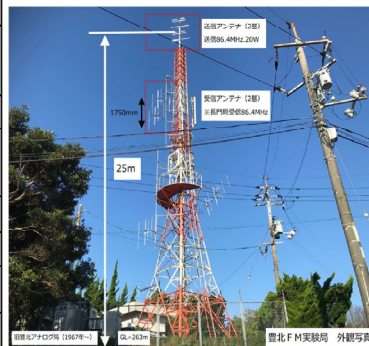
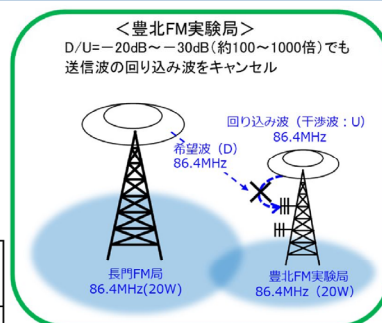
KRY 豊北実験局の概要を示す。

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

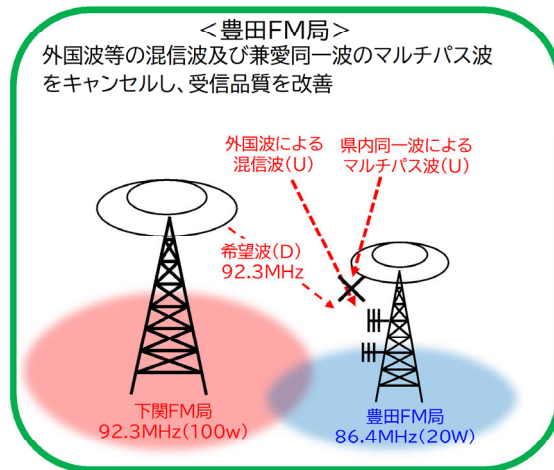
2020年	7/21	試験運用開始 周波数86.4001MHz 出力20W (回り込み波と親局波を区別するため送信周波数を100Hzシフト)
	9/15	位相、レベルの変動検出計算間隔10ms→0.625ms 毎の移動平均算出に変更、受信アンテナを上方向に20°程向けて車の影響を低減
	10/10	マルチパスキャンセル(上位局と同一周波数抑圧)機能追加 受信アンテナの地上高を高くして回り込み波の安定化
	10/30	マルチパスキャンセル時間を 72μs→300μsまで拡張
	11/20	回り込み反射波とマルチパスの遅延プロファイルの学習機能追加 萩局のマルチパスも捕らえる(遅延時間 約113μs)
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.