

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。

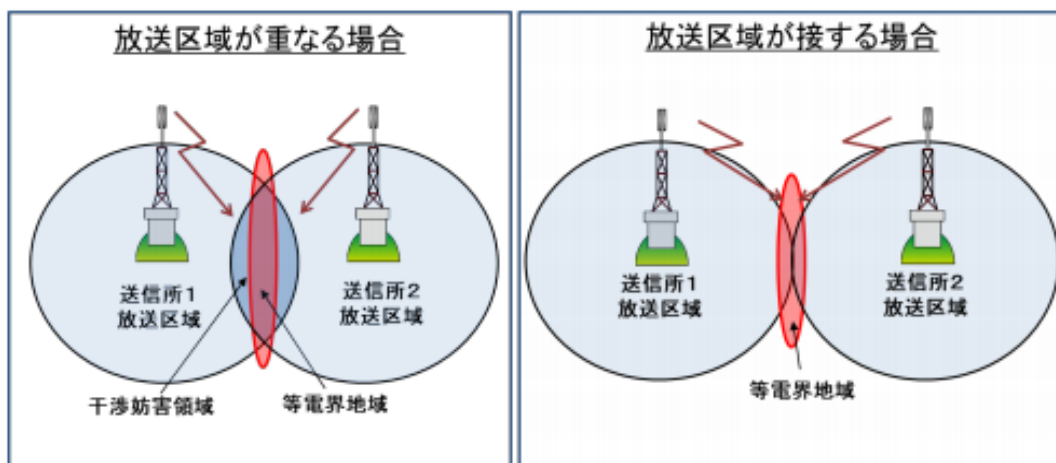


図3-1 同期放送のイメージ

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。

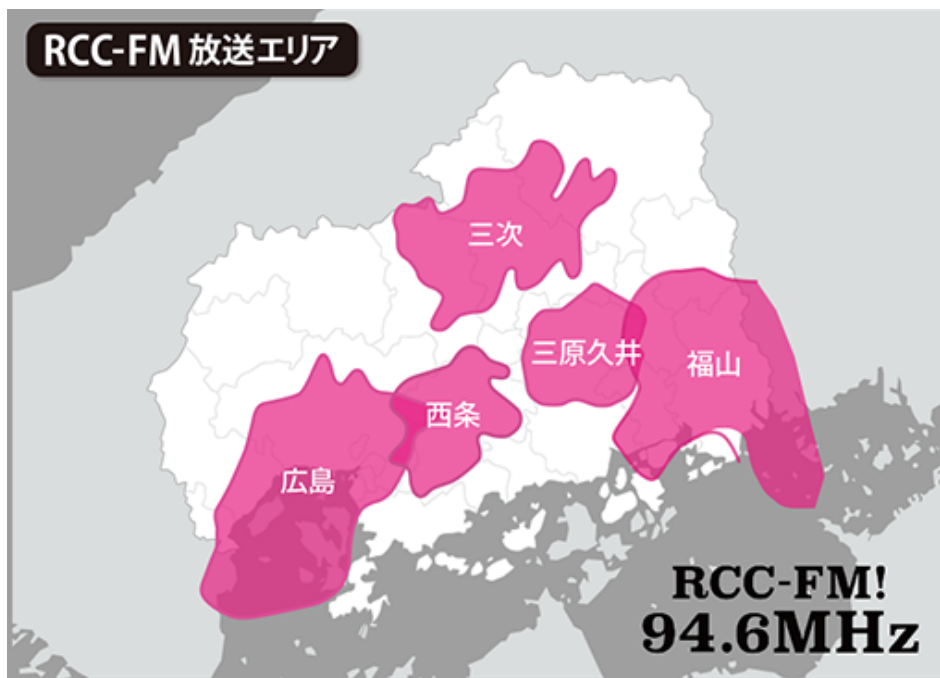


図3-2 株式会社中国放送の FM 同期放送

(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。

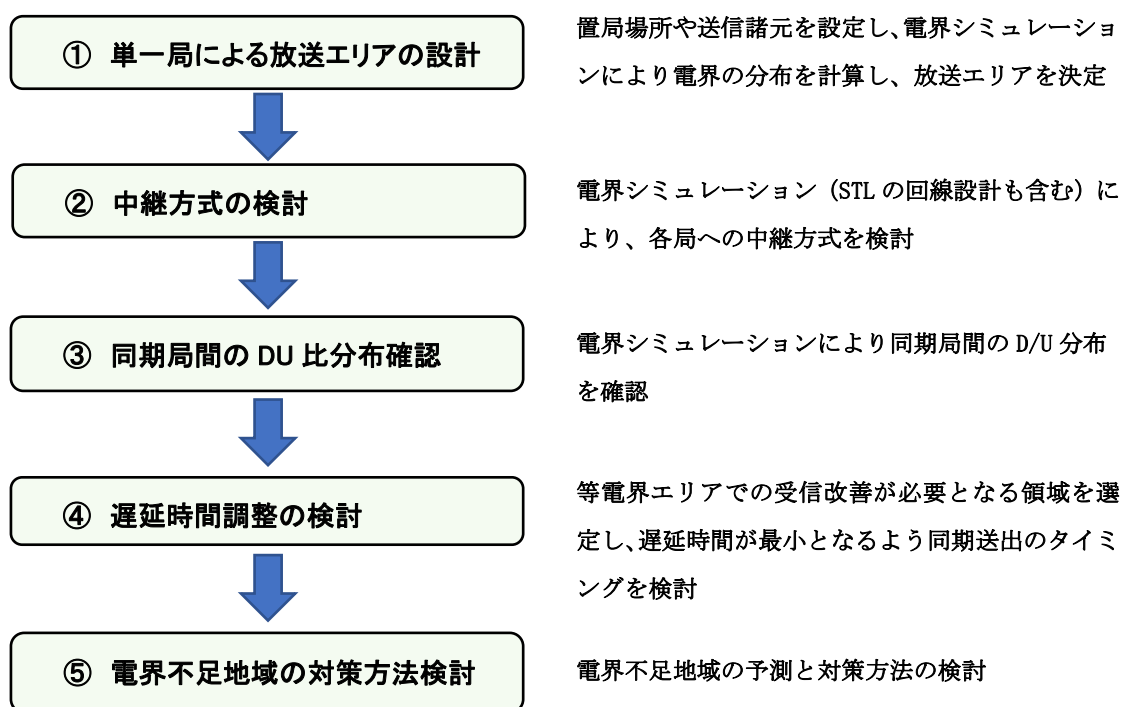


図3-4 同期放送システムの検討手順

(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

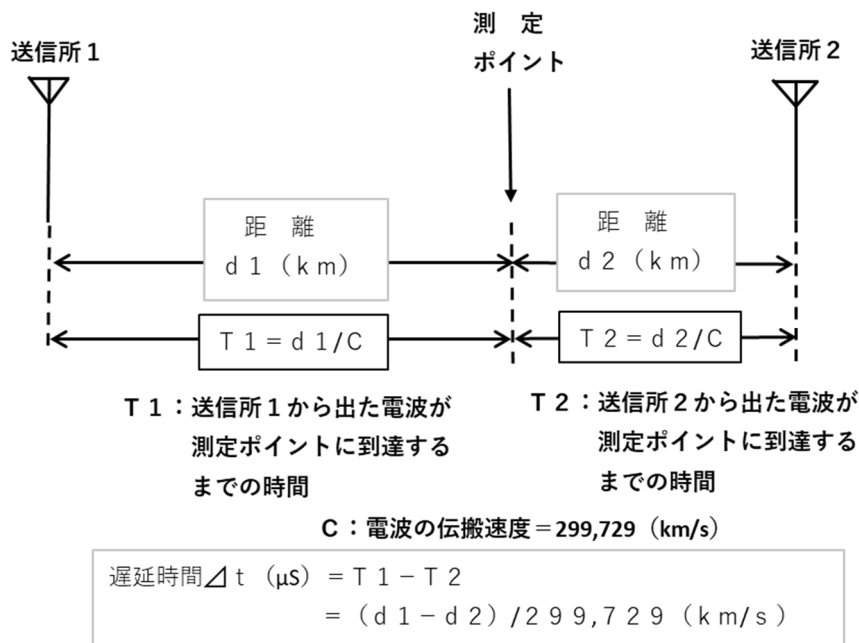


図3-5 測定ポイントでの遅延時間

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 アナライザーによる昼間測定技術

従来、RF 遅延時間確認は特殊なトーンバースト信号を使用して測定するため、測定は夜間の放送休止時間に行われてきた。最近、通常のプログラム信号でも相対遅延時間差を測定することが可能な同期放送用測定器(FM SFN アナライザー)が開発されたので、通常の放送時間中にも遅延時間測定が可能となった。また、ステレオ方式(パイロット信号がある場合)での使用に限定されるが、パイロット信号の品質と主観評価の相関に着目し、従来測定手段がなかった FM 同期放送の受信品質の主観評価を可能にする測定方法(PSER[※])を実用化して運用されている。詳細は「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。