

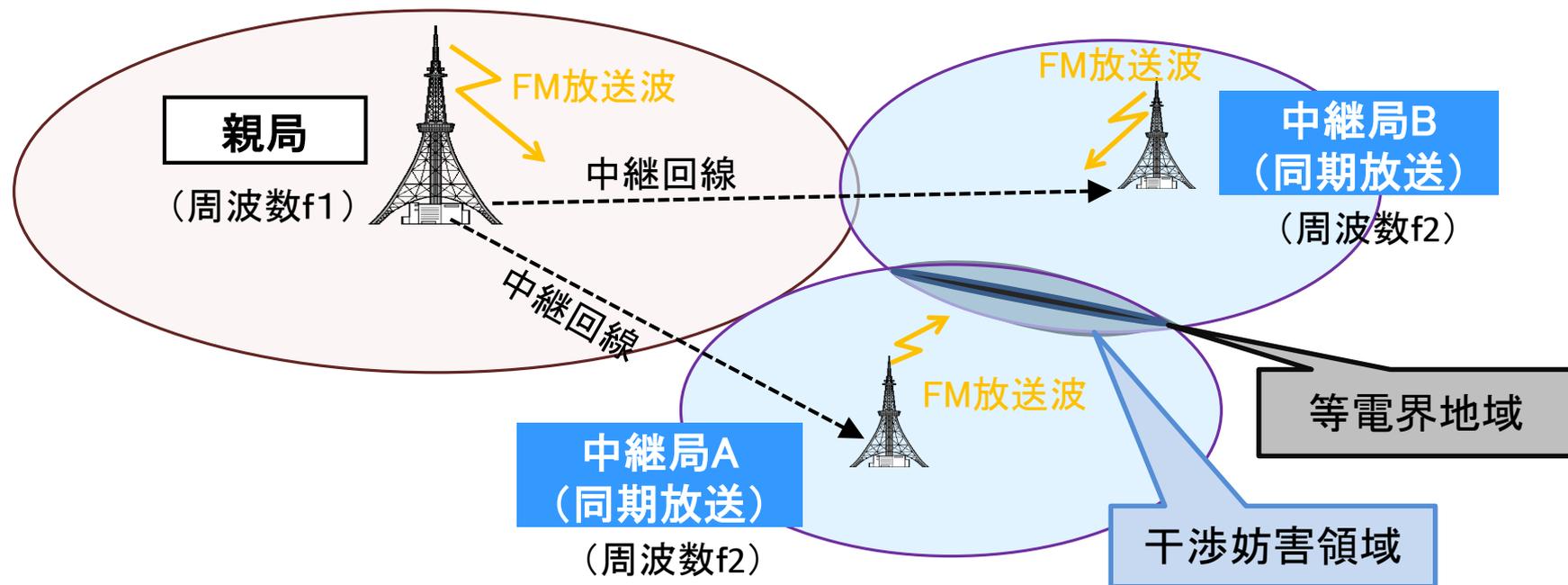
# **FM同期放送作業班報告 概要**

**令和元年12月19日  
FM同期放送作業班**

## 検討の背景

- コミュニティ放送局の急増やFM補完中継局制度の導入等により、FM放送用周波数はひっ迫しており、FM放送局への新たな周波数割当ては困難な状況になりつつある。
- こうした状況を踏まえ、コミュニティ放送や県域FM放送、FM補完中継放送等のFM放送について、デジタル変調技術を活用し、同一周波数によるシームレスな受信環境及び高効率な周波数利用を実現可能とするFM同期放送の技術的条件について検討を行った。

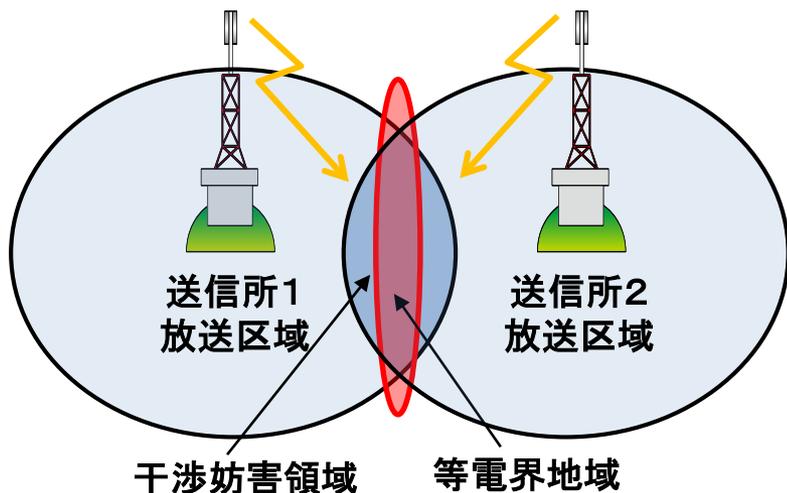
## FM同期放送のイメージ



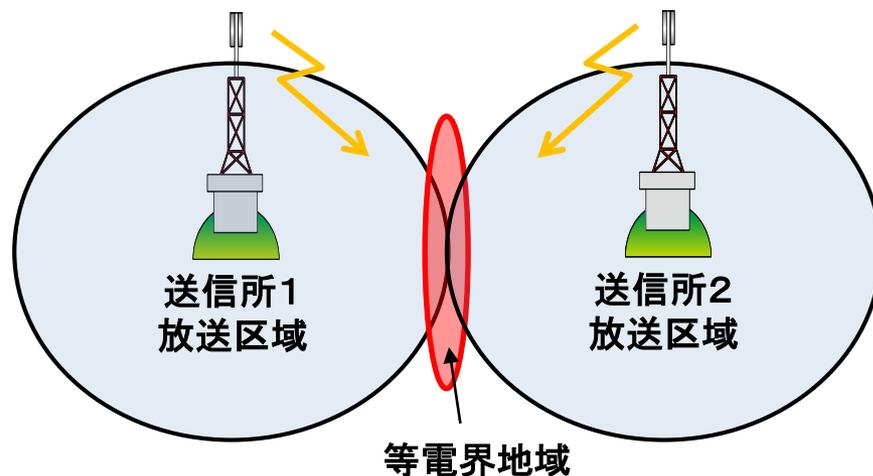
## FM同期放送とは

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。

### 放送区域が重複する場合



### 放送区域が隣接する場合



干渉妨害領域を含む放送区域内の受信状況は、昭和36年度電波技術審議会答申「第4編 新技術の開発によって実施にうつされる放送の実用化に必要な技術基準」に基づき「場所率50%以上、時間率50%以上」とし、主観評価3以上の受信品質を得られるものとして検討

## 基本的な考え方

- 現在のFM放送の技術基準及び既に答申\*された技術的条件を踏まえることとし、技術的に同一のものとするのが適当な場合については、その内容を準用すること。
- 既に導入済のFM同期放送との整合性を確保すること。
- 電気通信設備の構成や送信所の規模等に依らず、多様で柔軟なサービスを実現できること。

\*昭和36年電波技術審議会答申「新技術の開発によって実施にうつされる放送の実用化に必要な技術的条件」及び平成10年度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」

## 送受信環境

- 既存のFM放送と同じ設備を前提とする。
- 受信機については、平成10年度電気通信技術審議会答申「諮問第92号 FM放送局の置局に関する技術的条件」における「FM放送評価用の受信機及び受信空中線の新規格」の性能とする。

## 周波数の精密な管理・安定化

各送信所間の同期をとるための方式の選定や各種周波数(搬送周波数、パイロット信号、最大周波数偏移等)の精密化や安定化による放送波の同一化を行う必要がある。

## 音声信号の精密な管理

AES/EBU等のデジタル伝送方式を使用し、音声信号の精密な管理を行うことで、音声信号の同一化が可能となった。

## 同期放送の最適なエリア設計

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り、受信点における同期を構成する各送信所のDU比と遅延時間差を調整する必要がある。

独立同期方式、従属同期方式及び変調波分配方式(完全同期方式)について、同期の方法や機器の構成、実際の導入状況等を検討した結果、放送区域の状況等を考慮し、FM同期放送エリアの設計等を適切に行うことで、どの方式でもFM同期放送の実施が可能であることを確認。

## 各FM同期方式の特徴

### ○独立同期方式

同期放送を行う放送局ごとに発振器及びFM変調器を持ち、各放送局に伝送された音声信号を、各放送局が搬送波周波数の基準信号を取得した上で、それぞれの変調器で変調する方式

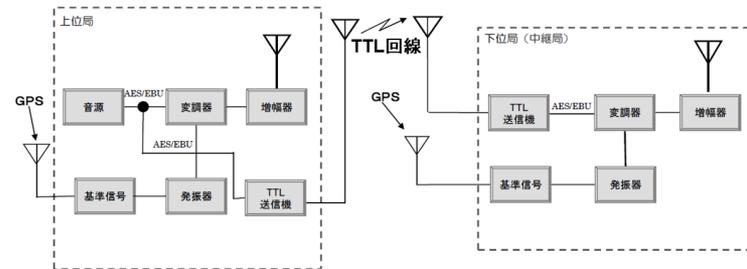
### ○従属同期方式

同期放送を行う放送局ごとに発振器及びFM変調器を持ち、上位局から各放送局に伝送された音声信号及び搬送波周波数の基準信号を、それぞれの変調器で変調する方式

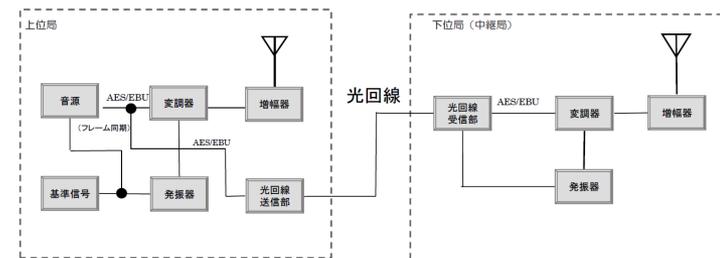
### ○変調波分配方式(完全同期方式)

一つの発振器及びFM変調器で変調された信号を、同期放送を行う放送局に配信する方式

FM同期放送方式の構成例



独立同期方式(無線TTL回線を利用する場合)



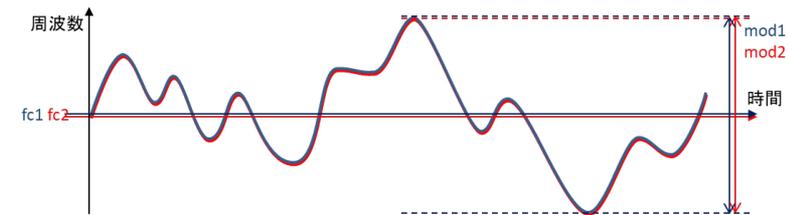
従属同期方式(光回線を利用する場合)

過去の検討等を踏まえ、周波数の精密な管理・安定化や同期放送の最適なエリア設定のために、精度管理が必要と思われる項目を特定。

これらの項目について、FM同期放送における管理の必要性や音声品質に影響を与えない精度等を検討。

## 周波数の精密な管理・安定化のために必要な項目

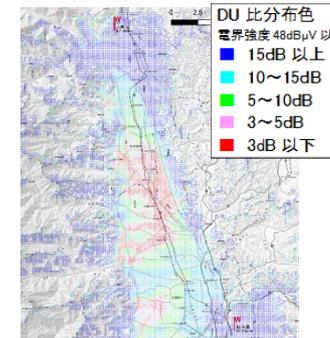
- ・搬送波の周波数差
- ・搬送波の周波数安定度差
- ・最大周波数偏移差(最大変調度偏差)
- ・パイロット信号の周波数差及び位相差



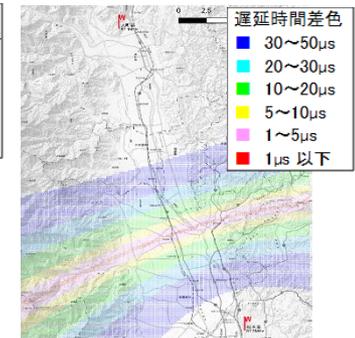
放送波の同一化のイメージ

## 同期放送の最適なエリア設定のために必要な項目

- ・送信所からのレベル差(DU比)
- ・音声信号の時間差(遅延時間差)



DU比分布の例

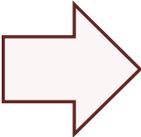
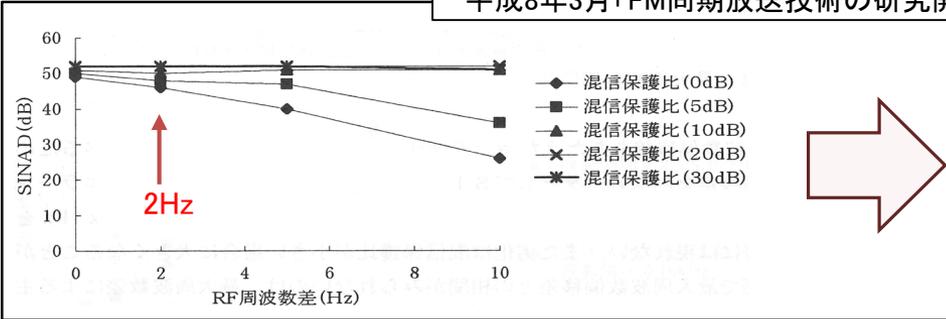


遅延時間差分布の例

# 検討結果 (搬送周波数差)

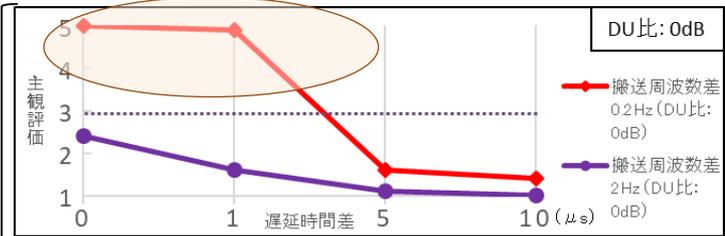
相互に同期の関係にある放送局の搬送周波数差は2Hz以内(目標0.2Hz以内)とすることが適当。

平成8年3月「FM同期放送技術の研究開発報告書」

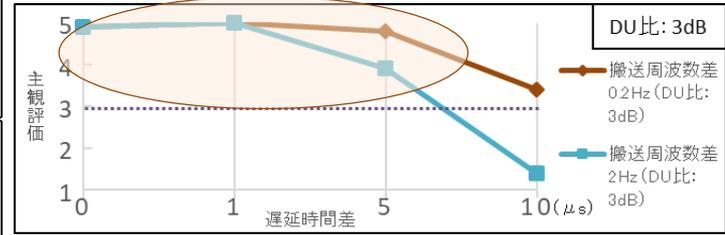


過去の検討では、搬送周波数差が2Hzを超えると、音質劣化が発生することを確認

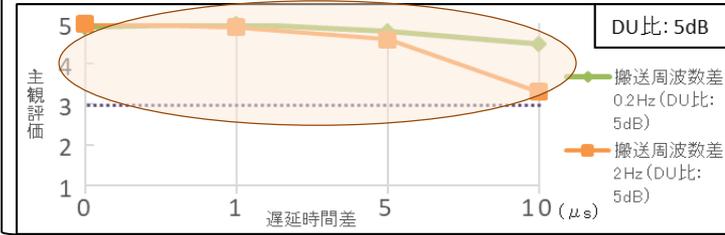
搬送周波数差2Hzの場合に加え、より高精度な0.2Hzの場合について検討



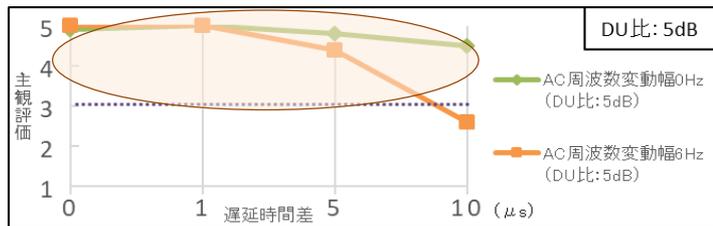
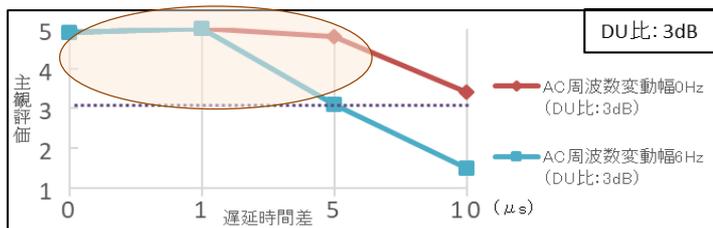
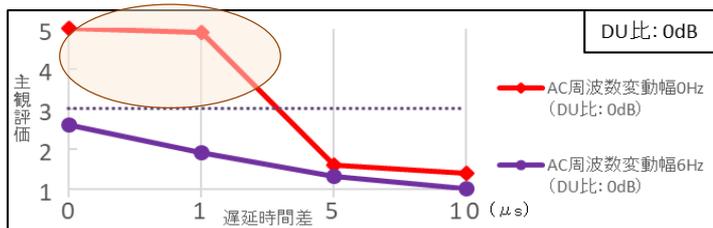
搬送周波数差が0.2Hzの場合、DU比が0dBの条件(等電界地域)でも遅延時間差が1μ秒以内であれば、主観評価3以上を確保可能



遅延時間差やDU比が適切に管理できる条件では、放送局間の搬送周波数差の違いによる音質の差は大きくない(主観評価3以上を確保可能)



送信所相互の搬送周波数差の維持により、所要の周波数安定度を確保。



AC周波数変動幅が0Hzの場合、DU比が0dBの条件(等電界地域)でも遅延時間差が1μ秒以内であれば、主観評価3以上を確保可能

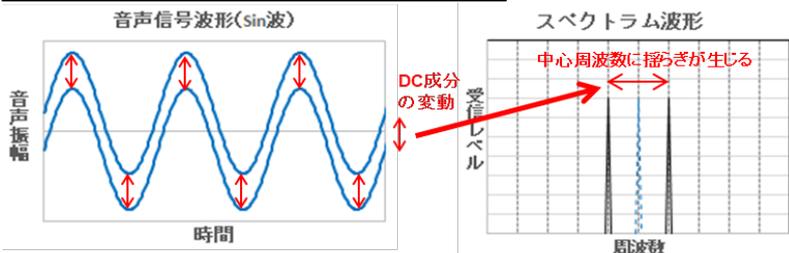


遅延時間差やDU比が適切に管理できる条件では、放送局間のAC周波数変動幅の違いによる音質の差は大きくない(主観評価3以上を確保可能)



既存のFM放送と同様に、送信局相互の搬送周波数差の維持により、所要の周波数安定度も確保

## 【参考】AC周波数変動幅について

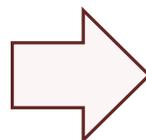
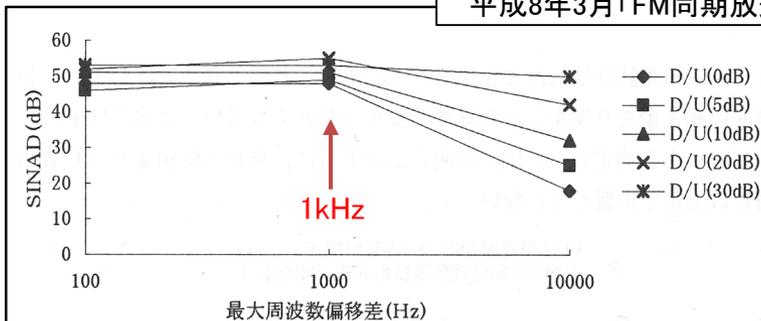


FM変調方式では、変調器に入力する音声信号のDC成分により変調時の中心周波数がずれる(DCオフセット周波数偏移)ことがあり、このずれが時間的に変動しFM変調波の平均中心周波数が揺らぐ状態(ACオフセット周波数変動)が発生する。

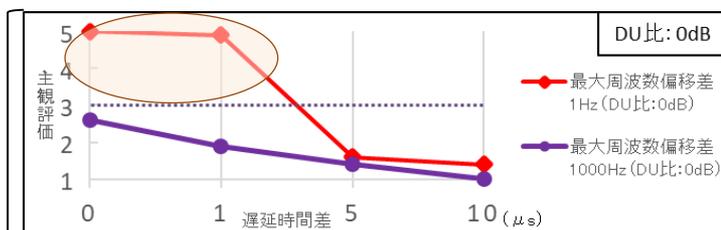
AC周波数変動幅は中心周波数からの振れ幅を指しており、この振れ幅を小さくすることで、周波数偏差に起因する干渉障害を低減することができる。

相互に同期の関係にある放送局の最大周波数偏移差は1kHz以内（目標1Hz以内）とすることが適当。

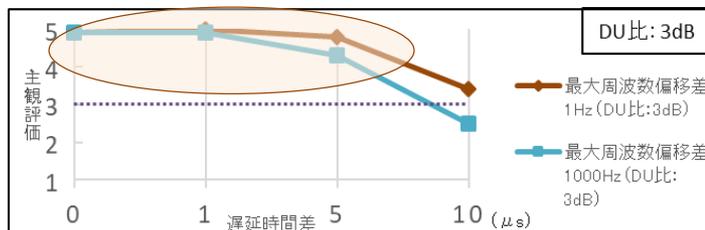
平成8年3月「FM同期放送技術の研究開発報告書」



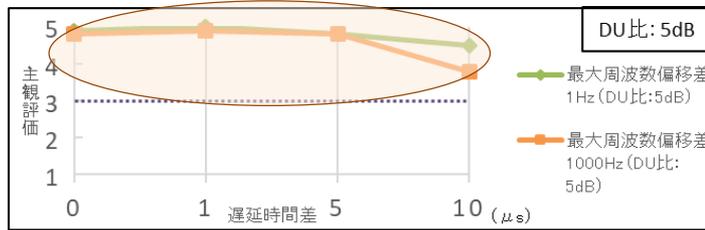
過去の検討では、最大周波数偏移差が1kHzを超えると、音質劣化が発生することを確認



最大周波数偏移差が1Hzの場合、DU比が0dBの条件（等電界地域）でも遅延時間差が1μ秒以内であれば、主観評価3以上を確保可能



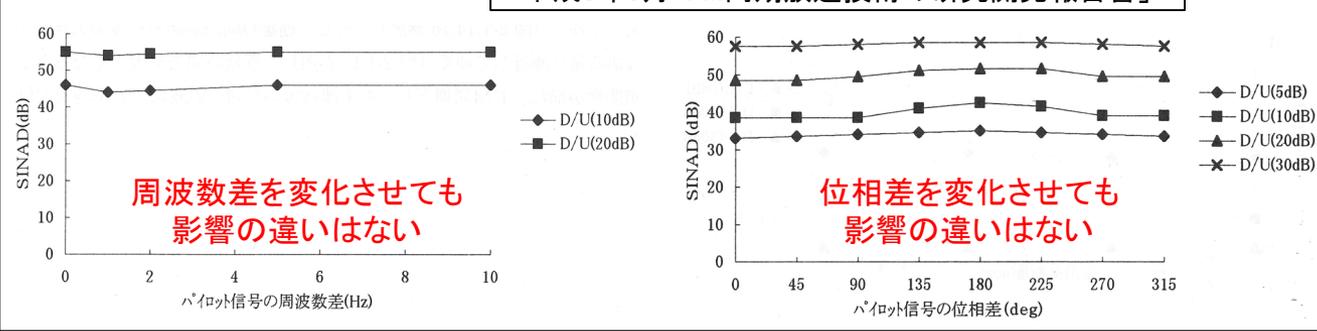
遅延時間差やDU比が適切に管理できる条件では、放送局間の最大周波数偏移差の違いによる音質の差は大きくない（主観評価3以上を確保可能）



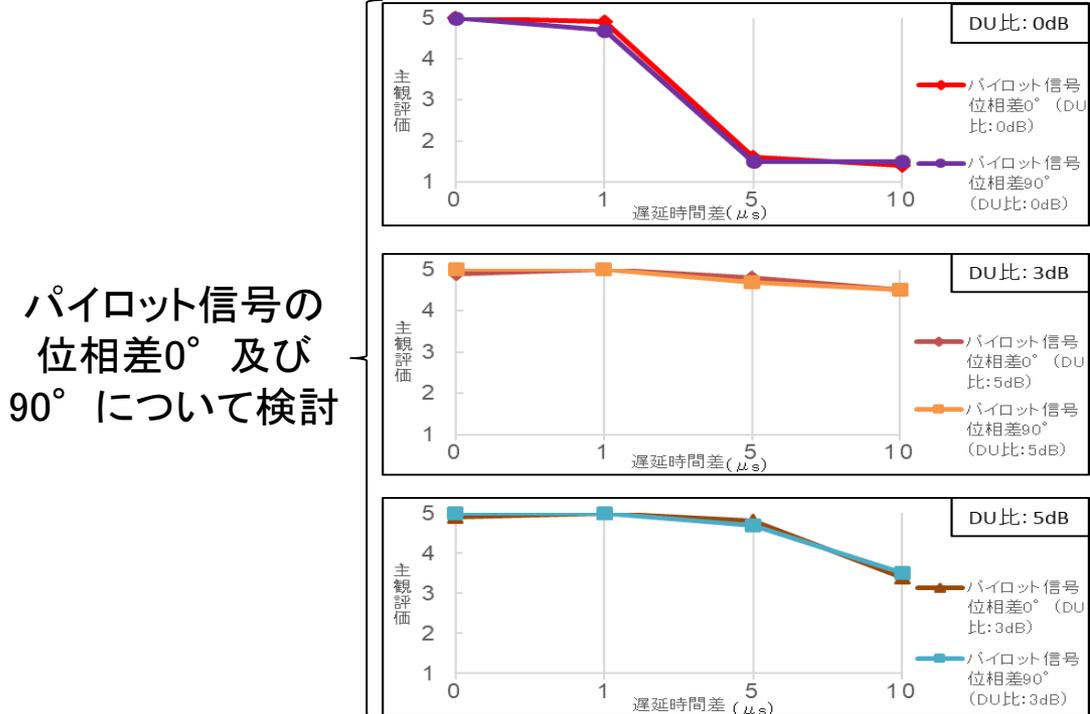
最大周波数偏移差1kHzの場合に加え、より高精度な1Hzの場合について検討

パイロット信号の周波数及び位相については、音声品質に大きな影響を与えないため、FM同期放送を行う場合でも既存のFM放送と同じ基準で問題ないことを確認。

平成8年3月「FM同期放送技術の研究開発報告書」



過去の検討では、パイロット信号の周波数差及び位相差は音声品質に影響を与えないことを確認

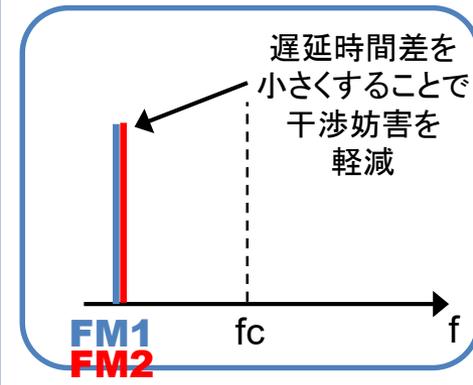
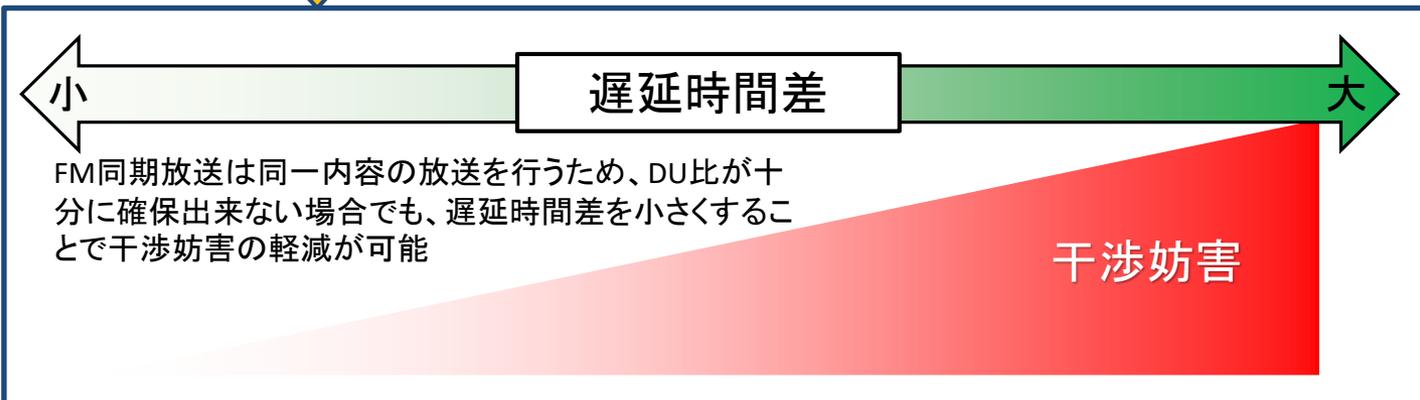
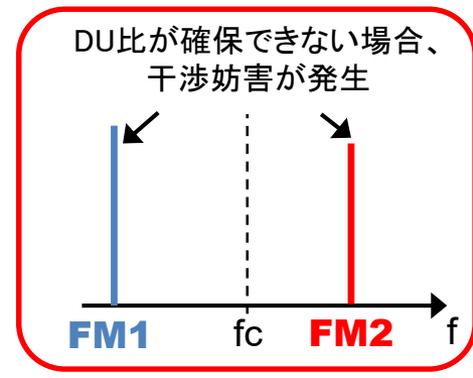
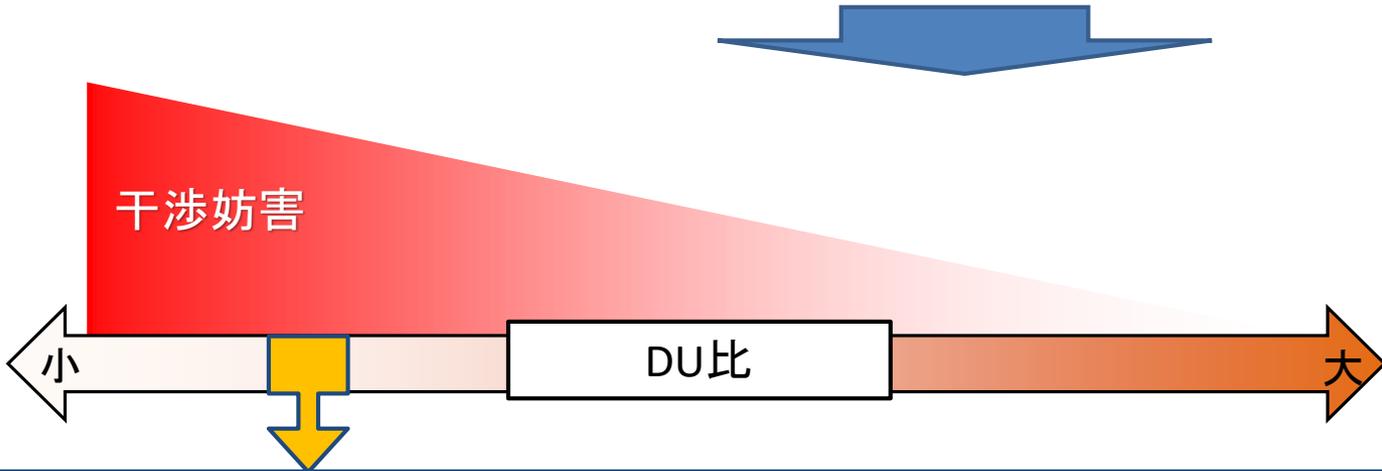


パイロット信号の位相差0°及び90°について検討

パイロット信号の位相差は、音声品質に大きな影響を与えないことを確認。

## 遅延時間差とDU比

FM同期放送では、受信点で遅延時間差が生じても、2局の受信レベルの差(DU比:2局のうち、小さい方の電力を妨害波とみなす。)が一定以上あれば、干渉妨害は生じない。  
 また、FM同期放送は同一内容の放送を行うため、DU比が十分に確保できない場合でも、遅延時間差を小さくすることで、干渉妨害の軽減が可能となる。



同期を構成する2局間の混信保護については、同一周波数利用に関する現行のFM放送の規定によらないものとし、干渉妨害領域における受信障害による影響ができる限り小さくなるよう、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に留意しつつ、干渉妨害領域の受信品質の確保に努めることが適当。

## 同期放送を行うFM放送局間の混信保護の条件

- 同期を構成（FM同期放送の技術的条件を満足）する2局の電界強度比をFM同期放送における混信保護比と考える。
- 同期を構成する2局間の混信保護については、同一周波数利用に関する現行のFM放送の規定によらないものとし、干渉妨害領域における受信障害による影響ができる限り小さくなるよう、受信品質の確保に努める。
- 同期を構成する局以外の放送局との混信保護については、現行のFM放送の技術的条件に基づく。



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を整理し、同期評価テーブルとして取りまとめた。

## 【参考】FM放送局間の混信保護の現行条件（同一周波数利用の場合）

- 自局の放送区域内の全ての地点において、自局の電波の電界強度値と他の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こと。  
周波数差 0kHz      混信保護比 36dB
- 他の放送局の放送区域フリンジにおける自局の電波の電界強度値が上記の混信保護比を満足すること。

# 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)

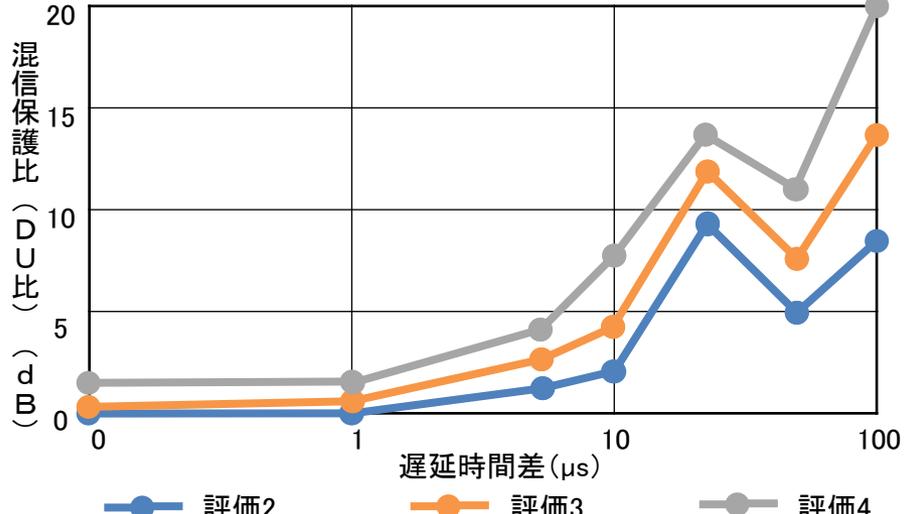
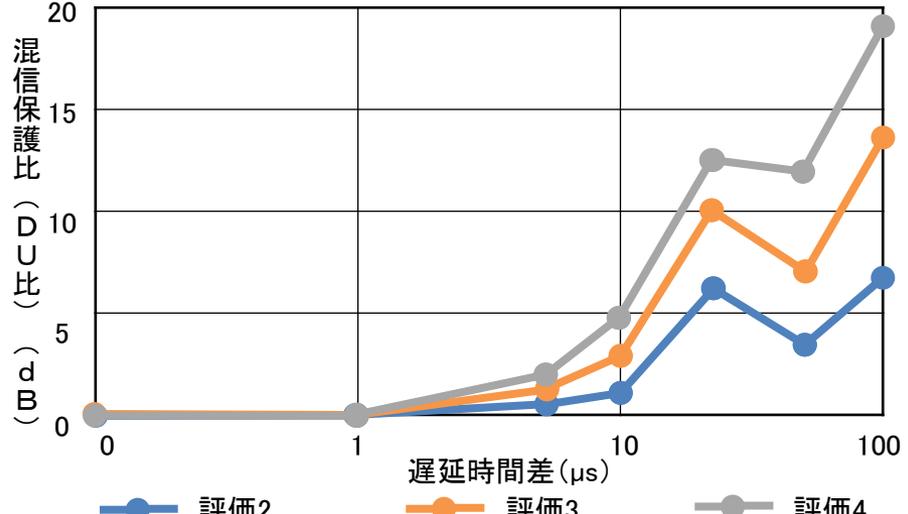
FM同期放送に必要な技術的条件(搬送周波数差2Hzかつ最大周波数偏移差1kHz)及び目標となる技術的条件(搬送周波数差0.2Hzかつ最大周波数偏移差1Hz)のそれぞれについて、遅延時間差と混信保護比の条件を整理し、同期評価テーブルとして取りまとめた。

**目標** 搬送周波数差0.2Hz  
最大周波数偏移差1Hz

**基準** 搬送周波数差2Hz  
最大周波数偏移差1kHz

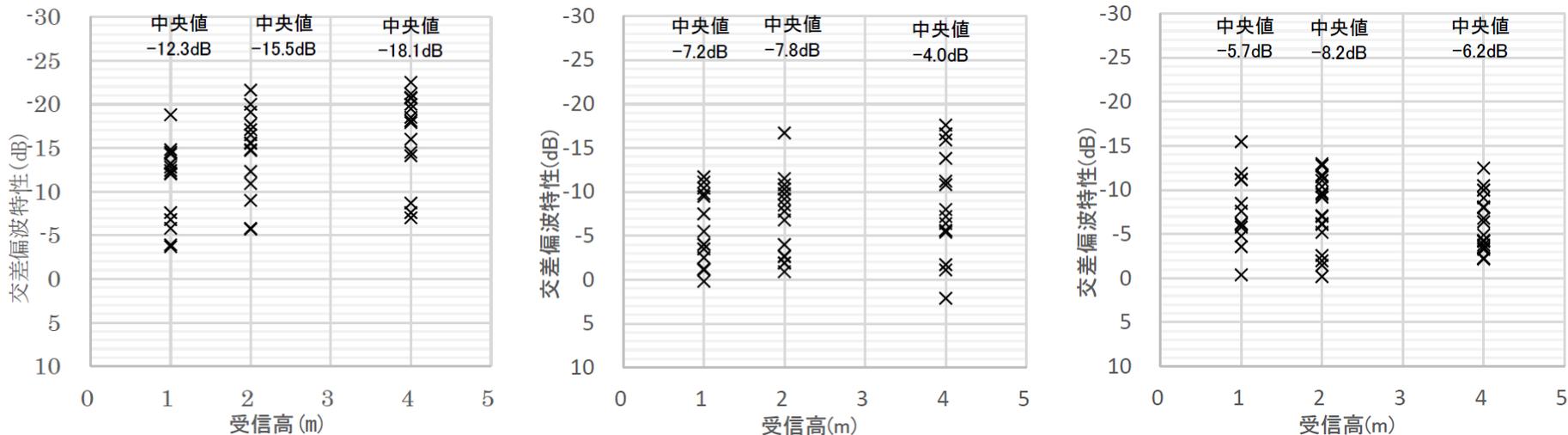
遅延時間差 ( $\mu s$ )	混信保護比(DU比)(dB)		
	主観評価2	主観評価3	主観評価4
0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0
5	0.4	1.3	2.3
10	1.1	2.8	4.8
26.3	6.3	10.0	12.8
53	3.4	7.1	12.0
100	7.0	13.1	19.4

遅延時間差 ( $\mu s$ )	混信保護比(DU比)(dB)		
	主観評価2	主観評価3	主観評価4
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



FM同期放送においては、送信空中線から発射する電波の偏波面として垂直偏波も使用可能とすることが適当。

## 送信偏波面効果によるDU比の違い



受信高と交差偏波特性(左から、郊外、中小都市、市街地)

FM同期放送において、水平偏波と垂直偏波を組み合わせ、送信偏波面を異偏波とすることで、その地点のDU比を10dB程度改善させることができることを確認。

項目	技術的条件	
	同期放送を行うFM放送局	FM放送局
周波数	右に同じ	76MHz～95MHz
周波数安定度	右に同じ	搬送波に対して20ppm ( $20 \times 10^{-6}$ )
搬送周波数差	相互に同期の関係にある放送局間の周波数差2Hz以内(目標0.2Hz以内)	—
占有周波数帯域幅の許容値	右に同じ	200kHz
最大周波数偏移	右に同じ 相互に同期の関係にある放送局間の最大周波数偏移差1kHz以内(目標1Hz以内)	±75kHz
送信偏波面	右に同じ 必要に応じて、垂直偏波も可	原則として水平偏波
混信保護 (同一周波数利用)	<p>同期を構成する2局間の混信保護については、同一周波数利用に関する現行のFM放送の規定によらないものとする。</p> <p>干渉妨害領域における受信障害による影響がでる限り小さくなるよう、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、干渉妨害領域の受信品質の確保に努める。</p>	<p>自局の放送区域内の全ての地点において、自局の電波の電界強度値と他の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こと。 【周波数差0kHz: 混信保護比36dB】</p> <p>他の放送局の放送区域フリンジにおける自局の電波の電界強度値が上記の混信保護比を満足すること。</p>

## 參考資料

# 放送システム委員会 構成員

(敬称略)

主査 ／委員	伊丹 誠	東京理科大学 基礎工学部 電子応用工学科 教授
主査代理 ／専門委員	都竹 愛一郎	名城大学 理工学部 教授
委員	村山 優子	津田塾大学 学芸学部 情報科学科 教授
専門委員	井家上 哲史	明治大学 理工学部 教授
〃	大矢 浩	一般社団法人日本CATV技術協会 副理事長
〃	甲藤 二郎	早稲田大学 基幹理工学部教授
〃	門脇 直人	国立研究開発法人情報通信研究機構 理事
〃	関根 かをり	明治大学 理工学部 教授
〃	高田 潤一	東京工業大学 環境・社会理工学院 教授
〃	丹 康雄	北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 教授
〃	野田 勉	スターキャット・ケーブルネットワーク(株) 上席主任研究員
〃	松井 房樹	一般社団法人電波産業会 専務理事・事務局長
〃	山田 孝子	関西学院大学 総合政策学部 教授

(敬称略)

主任	都竹 愛一郎	名城大学 工学部 電子電気工学科 教授
構成員	岩下 裕孝	日本通信機(株) 執行役員 技術部主管部長
〃	岩田 昭光	(株)NHKテクノロジーズ ファシリティ技術本部 送受信センターソリューション技術部(公共業務) 専任部長
〃	乙坂 修	(株)日立国際電気 プロダクト本部 放送プロダクト部 主任技師
〃	川島 修	(株)エフエム東京 総務局 技術部 技術部長
〃	小泉 悟	(一財)道路交通情報通信システムセンター システム運用部 部長
〃	齋藤 健太郎	東京工業大学 環境・社会理工学院 助教
〃	塩山 雅昭	(株)TBSラジオ 経営企画局 技術部長
〃	鈴木 健児	日本放送協会 技術局計画管理部 副部長
〃	寺嶋 正紀	パナソニック(株) オートモーティブ社 インフォテインメントシステムズ事業部 グローバル基盤技術開発センター システム開発部
〃	藤井 雅弘	宇都宮大学大学院 工学研究科 准教授
〃	古川 洋	ソニーホームエンタテインメント&サウンドプロダクツ(株) V&S事業本部 商品設計部門 共通設計部 エレクトリカルマネージャー
〃	堀越 康幸	(株)ラジオ高崎 技術部長

- 電波技術審議会答申「諮問第92号 FM放送局の置局に関する技術的条件」  
表2 「FM放送評価用の受信機及び受信空中線の新規格」

## 受信機

規格項目	規格値等
1 受信機の種類	ラジカセ
2 外部空中線入力端子の有無、インピーダンス	有、75Ω 不平衡
3 中間周波数	10.7MHz
4 局部発信周波	マイナス側
5 局発信周波数の漂動	10kHz以内
6 -3dBリミテイング感度	20dB $\mu$ V以下
7 感度差	3dB以内
8 実効選択度特性	$\pm 200$ kHz:-5dB、 $\pm 400$ kHz:-45dB
9 信号対雑音比を想定したときの所要最小入力 30dB感度、45dB感度、50dB感度、50dBステレオ感度	15dB $\mu$ V以下、20dB $\mu$ V以下、25dB $\mu$ V以下、 40dB $\mu$ V以下
10 左右分離度	100Hzから10kHzにわたり、20dB以上
11 2信号スプリアスレスポンス	希望入力レベル-60dBmのとき、-30dB以下(目標値- 50dB以下)
12 RF相互変調妨害比	$\pm 400$ kHz:52dB以上、 $\pm 800$ kHz:55dB以上
13 キャプチャレシオ	2dB

## 受信空中線

規格項目	規格値等
1 空中線の種類及び設置場所	受信機一体型空中線。屋外地上高2m(一般家庭の1 階の放送局送信所側の窓際に設置する場合に相当)
2 相対利得(ダイポール比)	0dB
3 指向性	考慮しない
4 偏波面	考慮しない