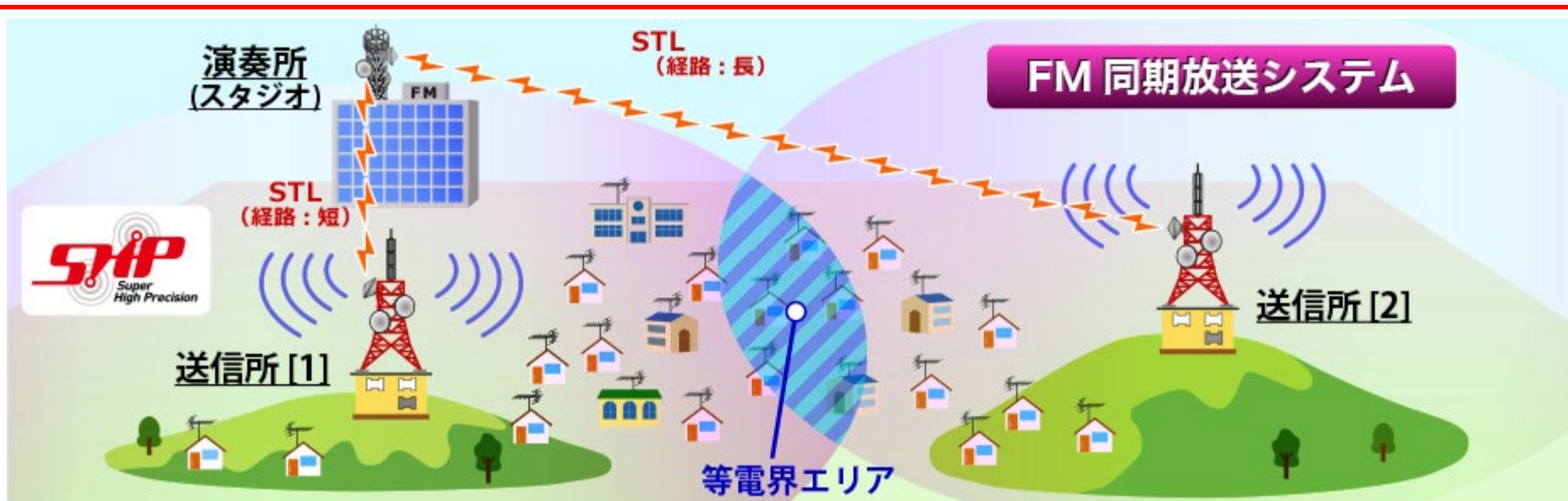


FM同期放送作業班（第1回）

資料 FM同作1-2

FM同期放送への取り組み

令和元年7月12日
日本通信機株式会社
岩下 裕孝



- ▶ 同期放送とは
同じ周波数で複数の送信所から電波を出すこと
単純に同じ周波数を使用するだけではお互いの電波が妨害となってしまう

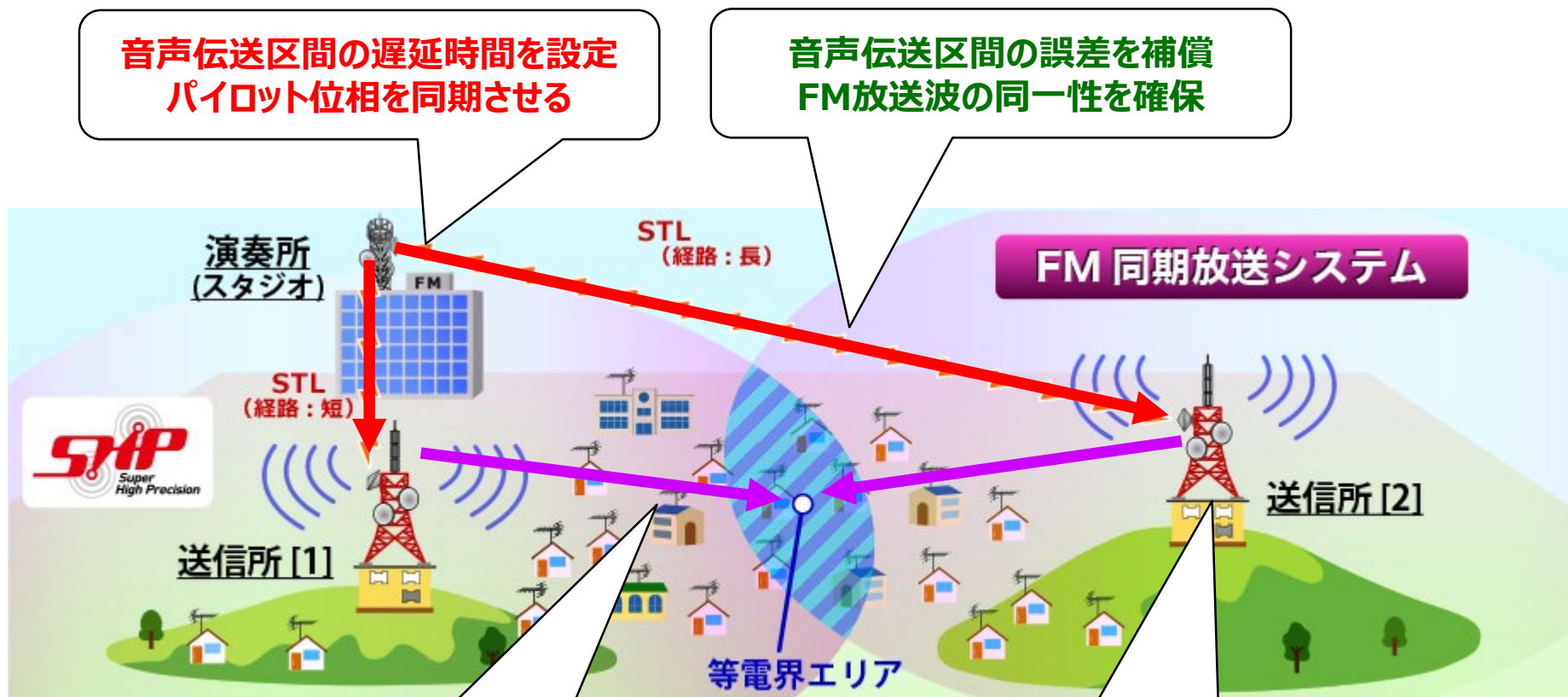
同期放送のメリット

- ▶ 周波数の有効利用が図れる
- ▶ 複数の送信所・中継局を置くことで放送エリアが広げられる
- ▶ 移動しながら受信していても周波数を変える必要が無い

FM同期放送実現の手段

Challenge to the Best!

—豊富な自社製品でお客様のご要望にお応えします—



音声伝送区間の遅延時間を設定
パイロット位相を同期させる

音声伝送区間の誤差を補償
FM放送波の同一性を確保

FM 同期放送システム

RF伝送区間の遅延時間を設定
等電界点での遅延時間を合わせる

FM変調器での誤差を補償
FM放送波の同一性を確保

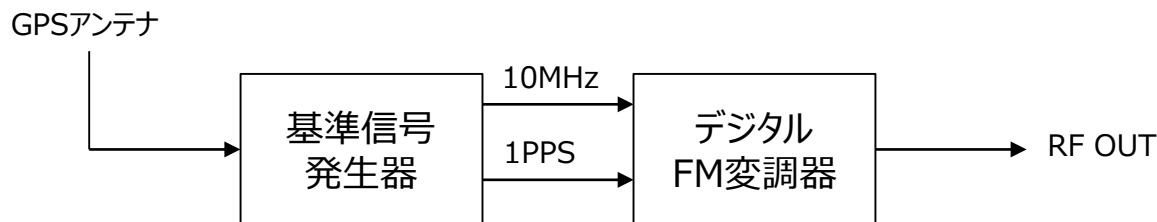


- ▶ 中心周波数に差が無いこと
- ▶ 変調度（周波数偏移）に差が無いこと
- ▶ 遅延時間差が調整できること
- ▶ パイロット信号が同期していること

上記4点を実現できる変調器が重要です。

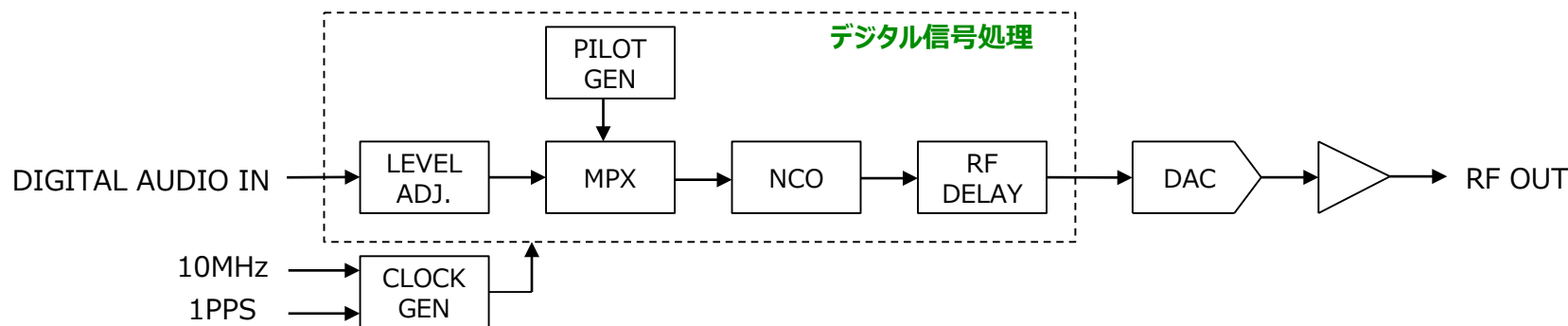
■ 中心周波数に差が無いこと

- ▶ 周波数差があると周期的なRFレベルの変動が生じ音質に影響します。
- ▶ 当社では高精度な基準信号発生器(OCXOをGPSにて校正)を使用し対応しています。
- ▶ FM変調器の出力周波数は基準信号にロックし、高精度な周波数確度のRF信号を出力します。



■ 変調度（周波数偏移）に差が無いこと

- ▶ 変調度差があるとノイズとして音質に影響します。
- ▶ FM変調器はデジタル方式とし、ステレオ変調、FM変調をデジタル処理で行い、変調処理で発生するレベル差（変調度差）を排除します。
- ▶ 音声信号はデジタル音声（AES/EBU）とし、レベル差を無くし、変調度を一定とします。



■ 遅延時間差が調整できること

- ▶ 遅延時間差があるとマルチパス同様に音質に影響します。
- ▶ FM変調器にてRF伝搬遅延時間の調整を0.1 μ s単位で行います。
- ▶ 音声伝送の方法ごとに、伝送による音声遅延時間の調整を行うことが必要です。

■ パイロット信号が同期していること

- ▶ パイロット信号が同期していないと、音声復調に影響し音質が劣化します。
- ▶ パイロット信号の生成は1ppsのタイミングに合わせます。
- ▶ 各変調器へ送られる音声信号の遅延を考慮する必要があります。
- ▶ IP伝送の場合、同期遅延装置を使用することで、デジタル音声信号に同期信号を重畳し、パイロット信号位相も同期します。
- ▶ 当社製VHF帯STL/TTLでは同期信号の重畳により、同様にパイロット信号位相の同期が可能です。

音声伝送系の課題の抽出

音声伝送系の課題の抽出 =

①STL/TTL伝送後の音声信号のフレーム信号周波数はSTL/TTLの受信部に内蔵される基準発振器の周波数に依存し、スタジオ送出時の特性は保存されない。

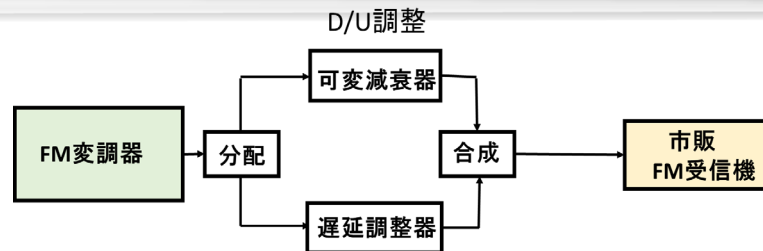
= 課題①：時間的同期

②STL/TTL伝送で採用されている「信号を圧縮・伸張する特性」により伝送された音声信号のレベルが変動する。(0.1dB程度)これは各FM変調器間の変調度差となる。

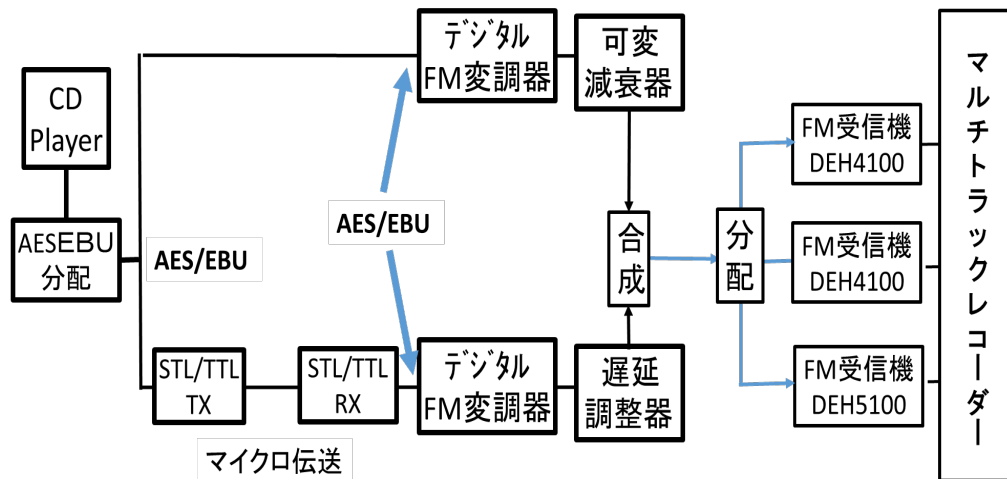
= 課題②：変調度誤差

③音声信号レベルと信号周波数成分の変化により音声信号の時間的な平均直流レベルが変動する。これは各FM変調器間での平均送信周波数の偏差となる。

= 課題③：平均直流レベルの変動



理想型FM同期放送の実験系統



マイクロ波伝送時の同期性の確認

山口放送(株)様ご提供

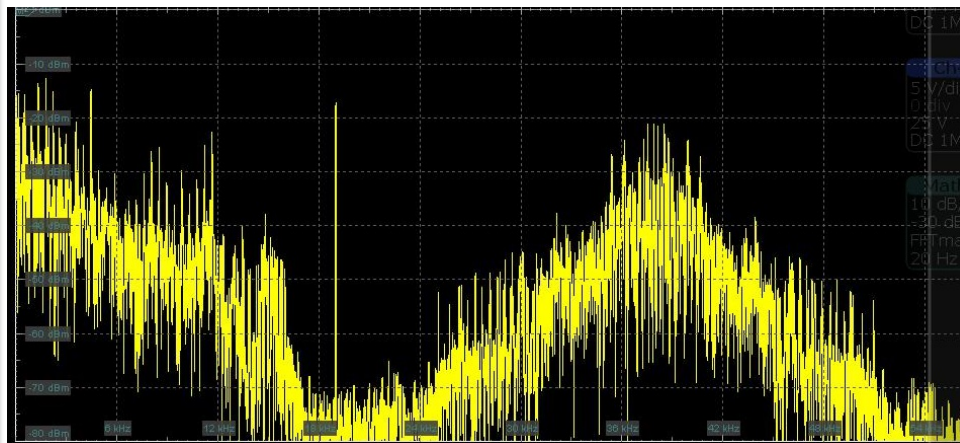
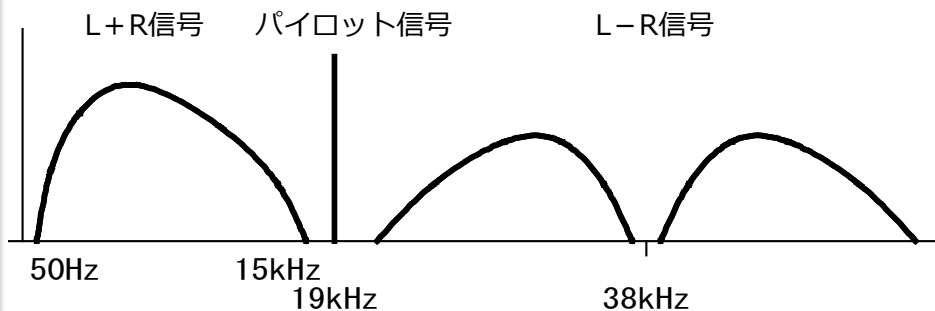
音声伝送系で生ずる課題の解決 ①時間的同期方式

音声伝送系で生ずる課題の解決 =

①時間的同期方式について

ステレオ・コンポジット信号の時間的同期を確保するために、GPS等の1PPSを基準にした独立同期方式を採用することとした。即ち、音声の始点を1PPSの立ち上がりとしそれに同期したステレオ・コンポジット信号変調処理や後述するDCオフセット平均化処理等をこの1PPSと同期させ、送信所までの遅延時間を予め測定しておくことで、全局の時間的同期を一致させることが出来る。

F Mステレオ コンポジット信号

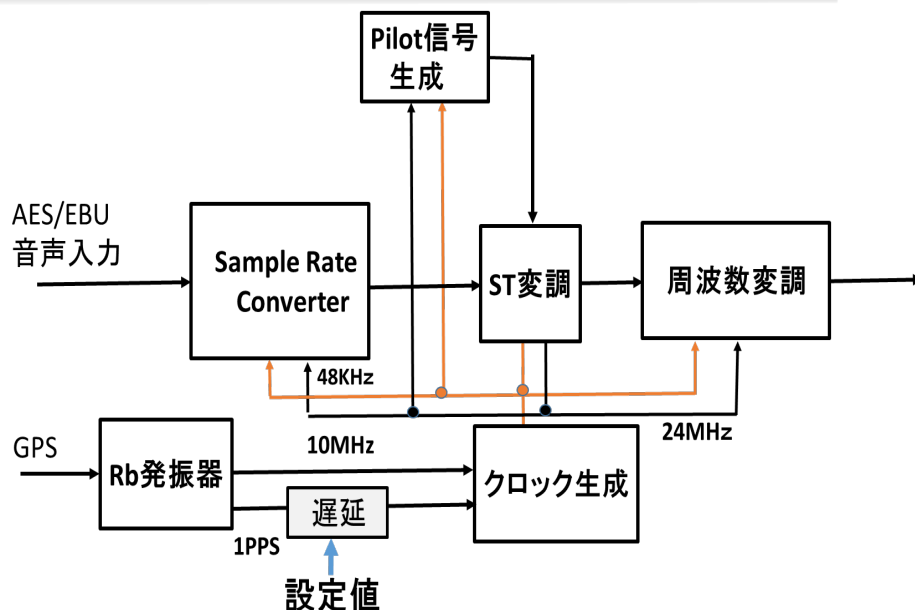


音声伝送系で生ずる課題の解決 ① 時間的同期方式

音声伝送系で生ずる課題の解決 =

① 時間的同期方式について

ステレオ・コンポジット信号の時間的同期を確保するために、GPS等の1 PPSを基準にした独立同期方式を採用することとした。即ち、音声の始点を1PPSの立ち上がりとしそれに同期したステレオ・コンポジット信号変調処理や後述するDCオフセット平均化処理等をこの1PPSと同期させ、送信所までの遅延時間を予め測定しておくことで、全局の時間的同期を一致させることが出来る。



独立同期方式における音声伝送同期の概略系統

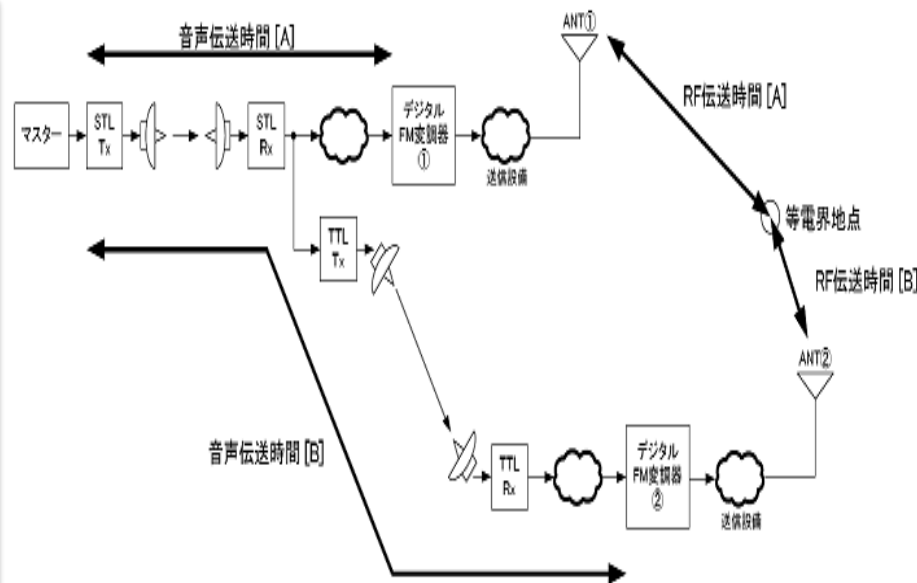
※1PPSの遅延設定値はこの送信所までの音声伝送遅延時間に等しく設定する。

音声伝送系で生ずる課題の解決 ① 時間的同期方式

音声伝送系で生ずる課題の解決 =

① 時間的同期方式について

ステレオ・コンポジット信号の時間的同期を確保するために、GPS等の1PPSを基準にした独立同期方式を採用することとした。即ち、音声の始点を1PPSの立ち上がりとしそれに同期したステレオ・コンポジット信号変調処理や後述するDCオフセット平均化処理等をこの1PPSと同期させ、送信所までの遅延時間を予め測定しておくことで、全局の時間的同期を一致させることが出来る。



独立同期方式における音声伝送同期の概略系統

※1PPSの遅延設定値はこの送信所までの音声伝送遅延時間に等しく設定する。

音声伝送系で生ずる課題の解決 ②変調度誤差の補償

音声伝送系で生ずる課題の解決 =

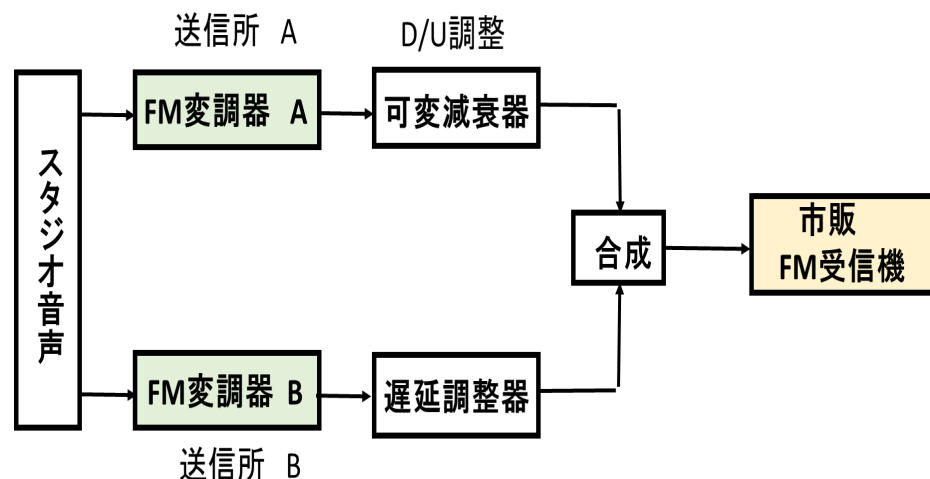
②変調度誤差の補償について

図の試験装置を用いて一方の変調度を変化させると、2波の変調度偏差により発生する混変調と同一の周波数偏移差の音(0.1dBの場合750Hz)の唸りが干渉音として観測された。このため最大変調度偏差を聴感上問題ないといえる10Hz以内に設定できるように入力音声信号に対し、0.0001dB(0.75Hz)ステップのデジタルATT(Attenuator)機能を追加した。

2局間の変調度差における音声比較 =

0. 1 d B (750Hz)

0. 0 1 d B以下(75Hz)



送信所 A D/U調整 送信所 B 同期放送確保のための実験系統

山口放送(株)様ご提供

音声伝送系で生ずる課題の解決 ②変調度誤差の補償

システム構築にあたって

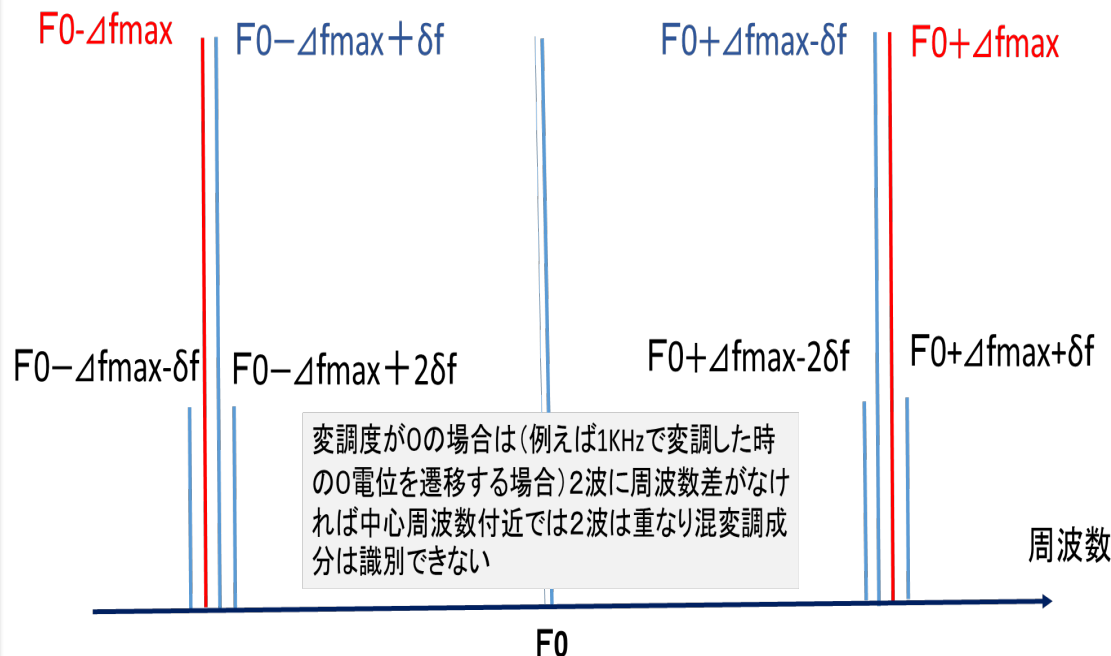
音声伝送系で生ずる課題の解決 =

②変調度誤差の補償について

変調度偏差はFMが単一周波数であり同期放送下では瞬時的に周波数が異なる2波が存在するため、受信機のリミッタ効果（AM性雑音を抑制しS/N特性を改善するために用いられる）により混変調成分を発生させる。

2局間の変調度差における比較 =

- 0. 1 dB (750Hz)
- 0. 0 1 dB以下(75Hz)



変調度に偏差がある場合の受信機におけるリミッタによる混変調成分の発生の様子

山口放送(株)様ご提供

音声伝送系で生ずる課題の解決 ③平均直流レベル変動

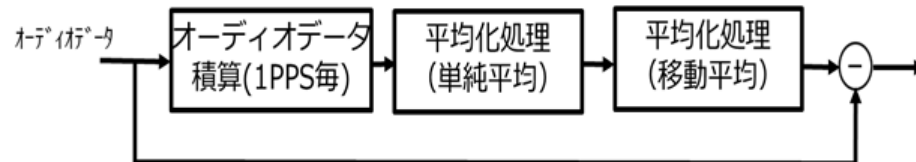
システム構築にあたって

音声伝送系で生ずる課題の解決 =

③平均直流レベル変動について

平均直流レベル（DCオフセット）の変動は直接FM変調波の平均周波数変動となるので伝送路が異なる場合には同様に複数の送信所の送信波の平均中心周波数が異なってしまふ。同期放送においてはDCオフセット量が相対的に同一であれば周波数偏差に起因する障害を抑えることが出来ることになるので、各変調器の音声平均化処理（DCオフセット除去）を1秒パルス信号などの基準信号に同期させて同一のDCオフセット量を得る高精度のDCオフセット除去機能を開発し内蔵した。

DCオフセット除去機能系統図
(1PPS信号によるDCオフセット除去の同期)



以上により複数の音声伝送路で動作する各FM変調器の同期性と同一性を確保した。

2局間平均直流レベル（DCオフセット）の処理音声比較 =

単純処理のみ

単純処理と移動平均処理



弊社は、これらの機能を実現し、

山口放送株式会社様

株式会社中国放送様

NHKテクノロジーズ様

各社のご協力のもと、共同開発を進めてまいりました。

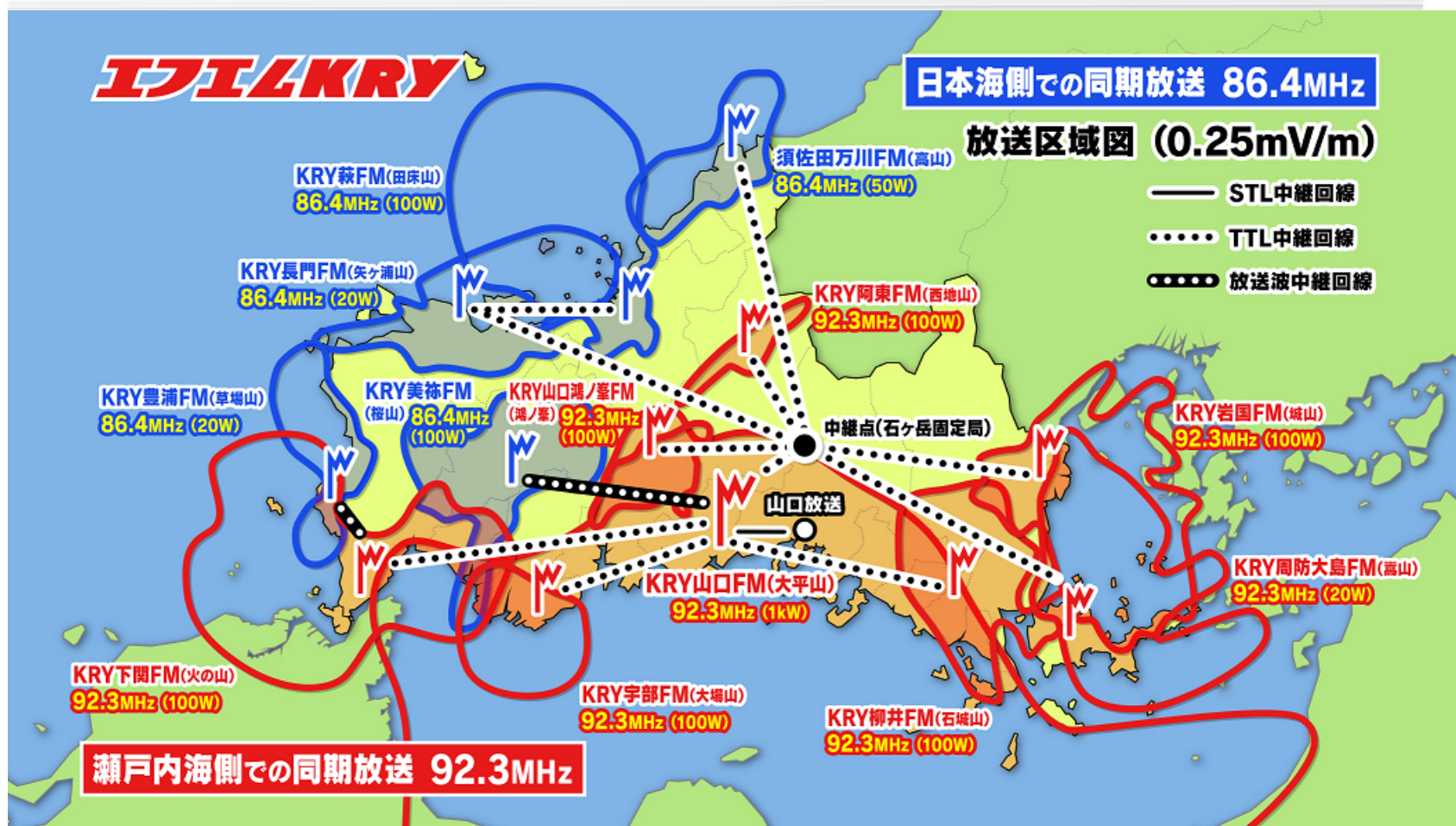
また、クローズド環境下でのFM同期実験を始め、

伝送回線も含めたフィールドでの同期実験を繰り返し行い、

理論だけでは判らない課題を洗い出し、

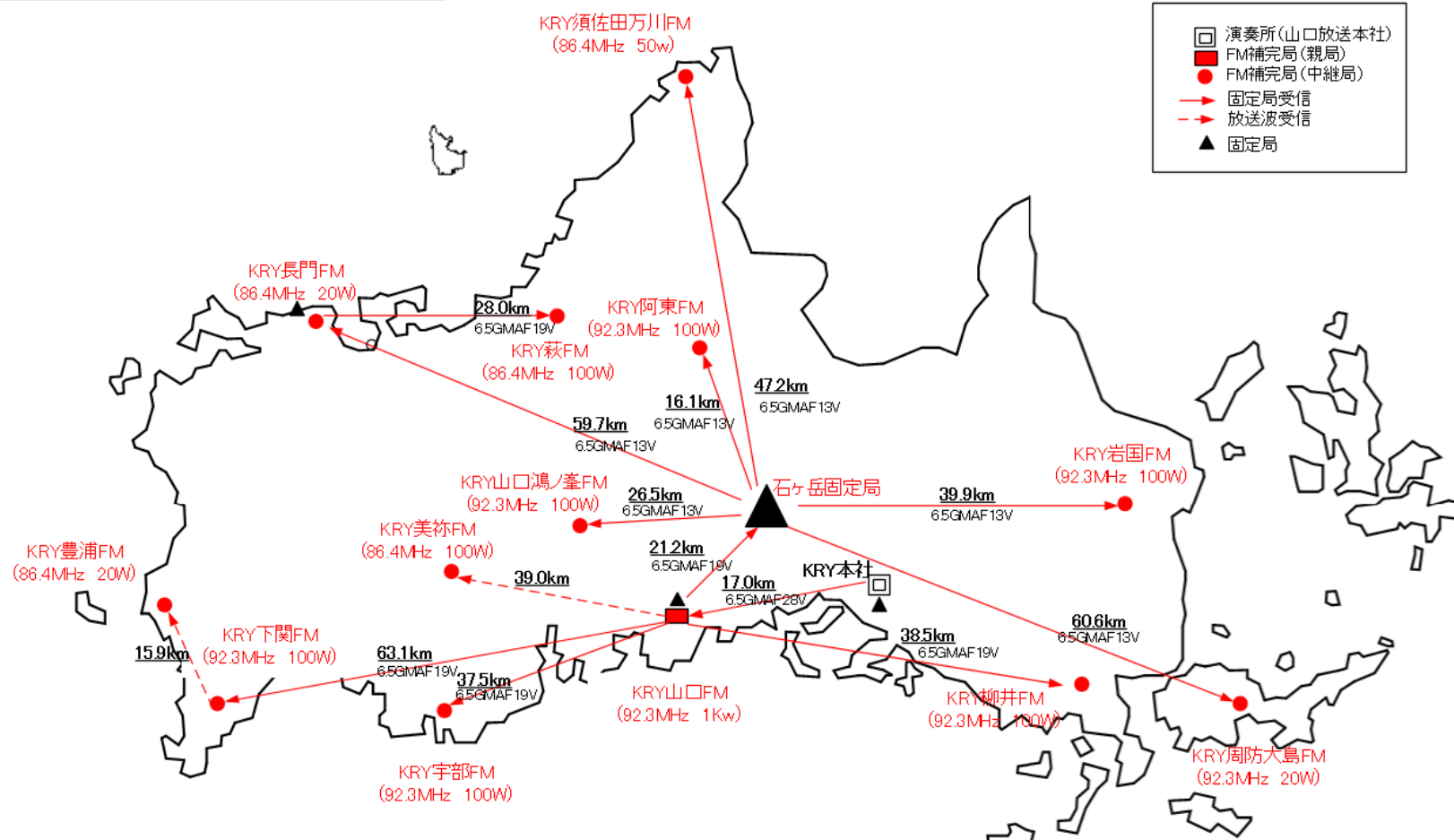
検証を進めてまいりました。

「高精度デジタル同期」を用いた ネットワーク概要 (令和元年6月現在)



山口放送(株)様ご提供

「高精度デジタル同期」を用いた ネットワーク概要 (令和元年6月現在)



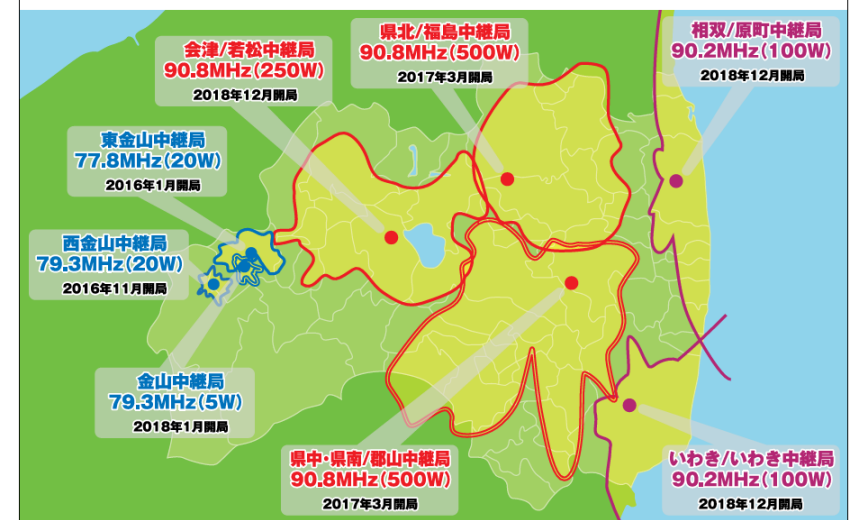
山口放送(株)様ご提供

—豊富な自社製品でお客様のご要望にお応えします—

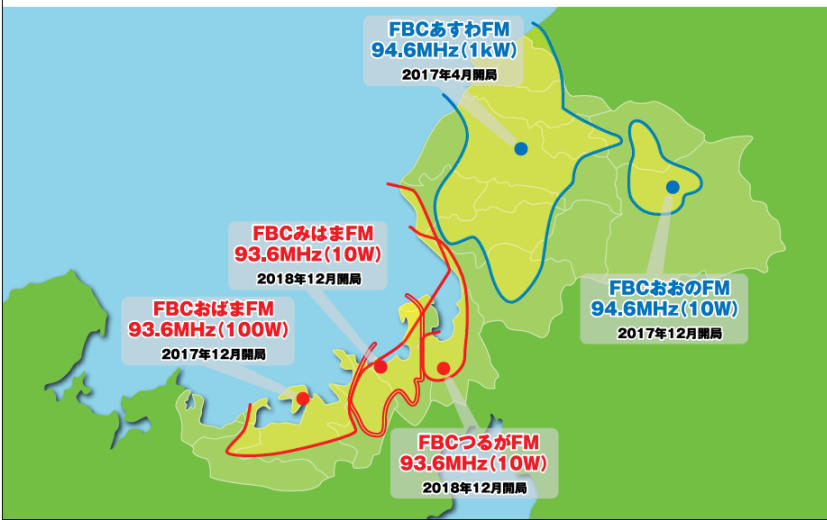
中国放送様



ラジオ福島様



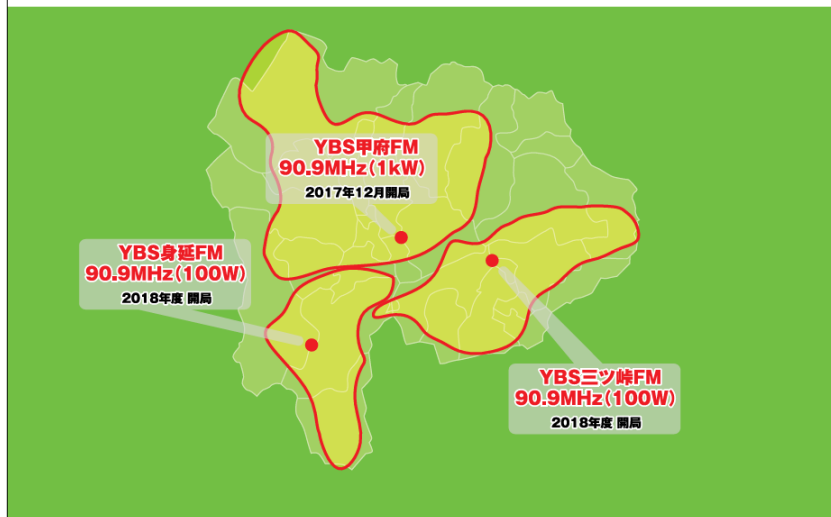
福井放送様



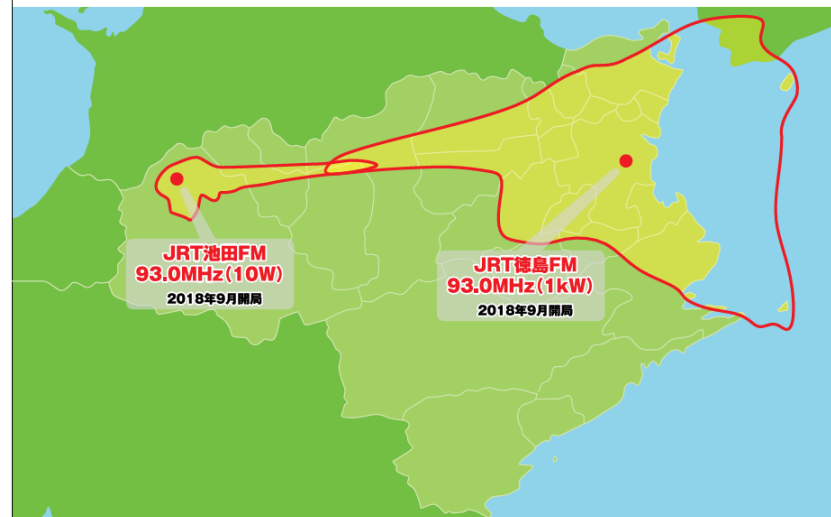
信越放送様



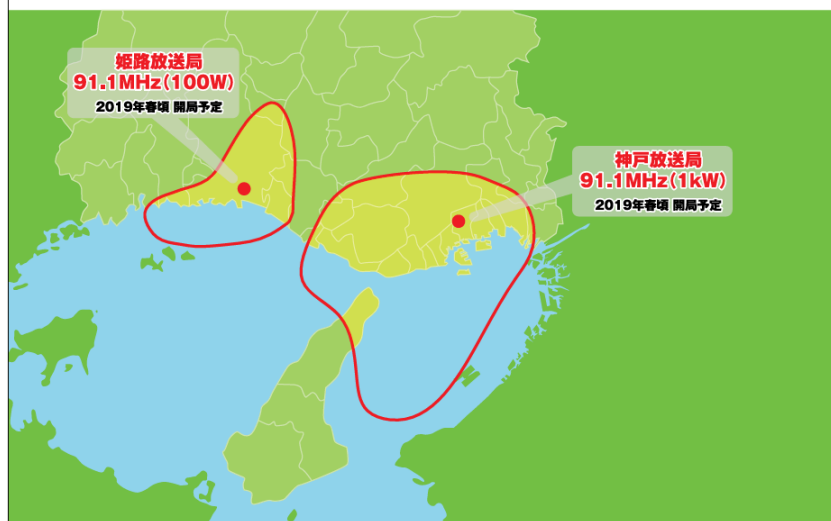
山梨放送様



四国放送様



ラジオ関西様



その他、コミュニティFM放送局様にも当社のFM同期放送機器をご導入頂き、FM同期放送を行っています。

ご清聴ありがとうございました。

