

周波数の精密な管理・安定化のための 条件について

令和元年9月26日
FM同期放送作業班

周波数の精密な管理・安定化に関する考え方

周波数の精密な管理・安定化については、以下の技術的条件を踏まえ、FM同期放送において受信性能に影響を与えると思われる必要な技術的条件について検討。

(1) 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」で示されたFM同期放送に関する技術的条件

11 FM同期放送

相互にFM同期放送の関係にある放送局は、同時に同一番組を放送するものであって、かつ、その搬送波周波数の差及び最大周波数偏移の差がそれぞれ2 Hz及び1 kHzを超えないこととすべきである。

(2) 平成27年7月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」 (平成18年9月28日付け諮問第2023号)のうち「ラジオネットワークの強靱化に関する技術的条件」で示されたFMギャップファイラー局間における同期放送に関する技術的条件

ギャップファイラー局間の同期放送の条件

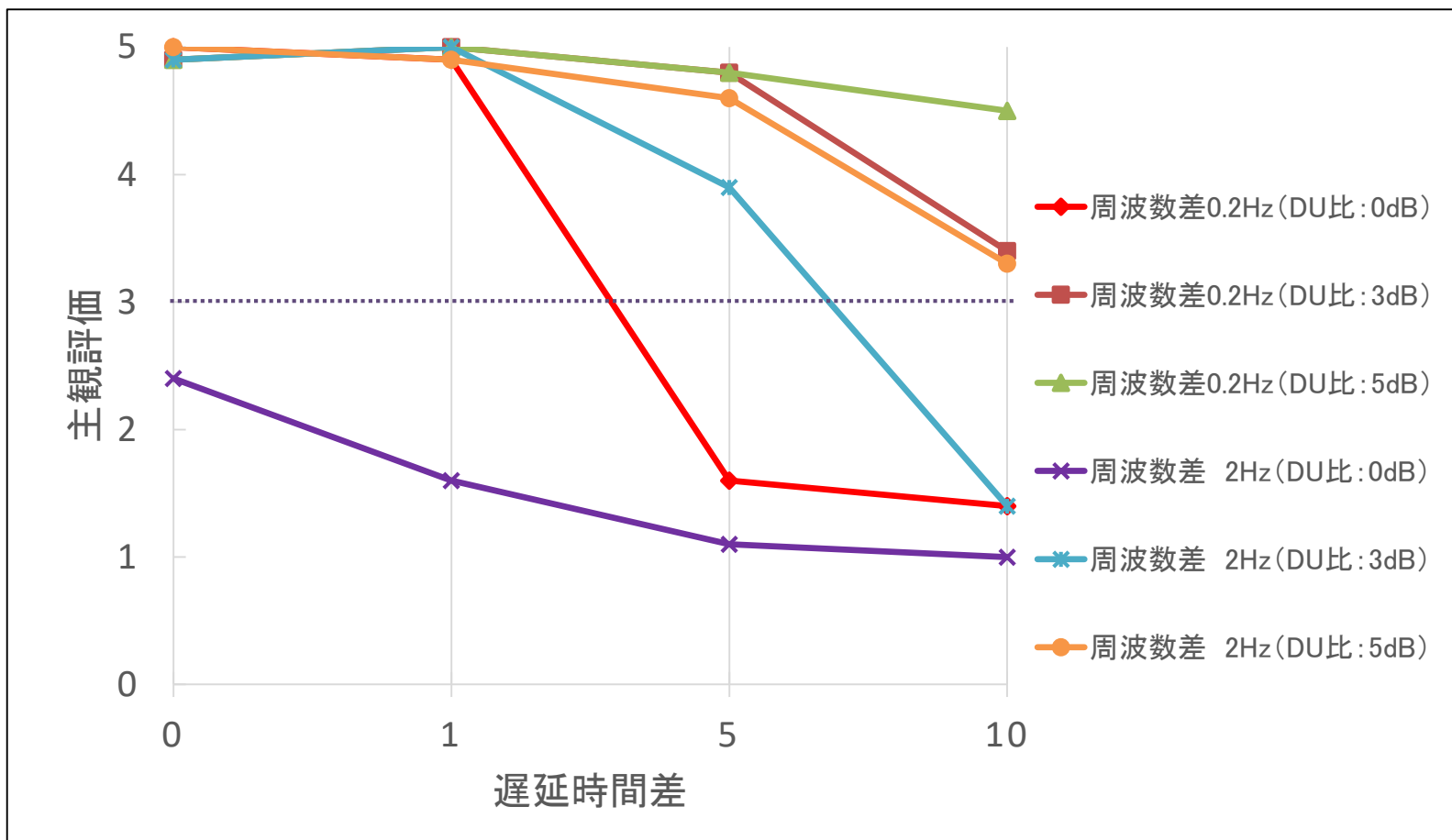
送信点相互の周波数偏差の目標は0 Hzとし、搬送波の周波数安定度についても同一とすること

FM同期放送において受信性能に影響を与えると思われる事項等

平成29年度及び平成30年度に実施した技術試験事務の結果から、FM同期放送において受信性能に影響を与えると思われる要素は以下のとおり。

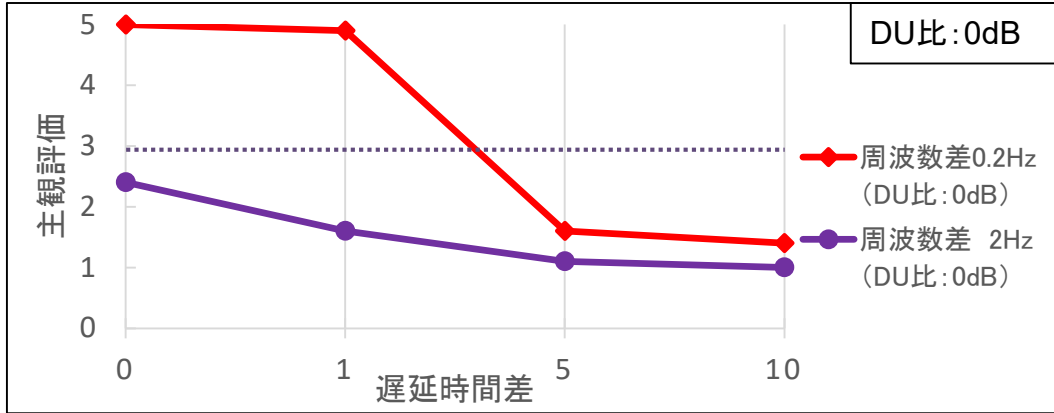
項目	音質に与える影響とその理由等	
周波数の同一化	搬送波の無変調時の周波数差	<ul style="list-style-type: none"> ・復調が正常に行えなくなる。 ・FM同期放送を行う放送局間の搬送波周波数が異なればその差の周波数がビート妨害となって現れる。
	搬送波の変調時の周波数安定度差	<ul style="list-style-type: none"> ・復調が正常に行えなくなる。 ・変調器に入力される音声信号の直流成分により、FM変調波の中心周波数が変動する。異なるFM変調器に加えられる音声信号の直流分の違いがあれば、変調時の周波数安定度の差となって現れる。
	最大周波数偏移差（最大変調度偏差）	<ul style="list-style-type: none"> ・音声信号の(L+R)及び(L/R)のレベルに差異が生じる。 ・異なるFM変調器に加えられる音声信号のレベル差により、FM変調波の周波数偏移に差が出る。伝送路にAES/EBU信号を使用してこの影響を避けても、この区間以外でレベルの差があれば変調度変化となって現れる。
	パイロット信号の位相差	<ul style="list-style-type: none"> ・ステレオ特性等に影響を与える。 ・同期放送を成立させるための大きな要素ではないが、高精度な同期放送を構築する場合には、遅延差と共にステレオ・パイロット信号の位相差を管理する必要がある。
電波伝搬	送信所からのレベル差(DU比)	<ul style="list-style-type: none"> ・同期を構成する放送局間の受信レベルの差が十分に大きければ影響は小さくなる。 ・遅延時間が一定の条件では、2つの放送局からの受信レベルの差が少ない(DU比が0に近づく)ほど聴感上の音質が劣化する。
	音声信号の時間差(遅延時間差)	<ul style="list-style-type: none"> ・時間が異なる音声となって聞こえる。 ・同期を構成する放送局間の受信レベルの差が一定の条件では、時間差が大きくなるほど聴感上の音質が劣化する。

放送局間の搬送波周波数差について



搬送波周波数差0.2Hz及び2Hzにおける遅延時間差と主観評価の比較
(平成30年度技術試験事務の結果)

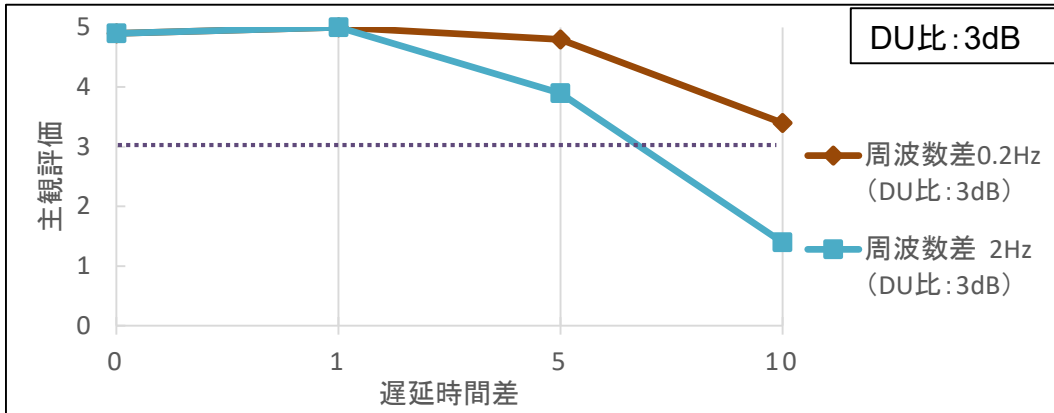
放送局間の搬送波周波数差について



○ DU比が0dBかつ遅延時間差 $1\mu\text{s}$ 以下の条件では、放送局間の搬送波周波数差2Hzの場合は干渉妨害により音質に影響が出ているが、周波数差0.2Hzの場合は干渉妨害が発生していない。



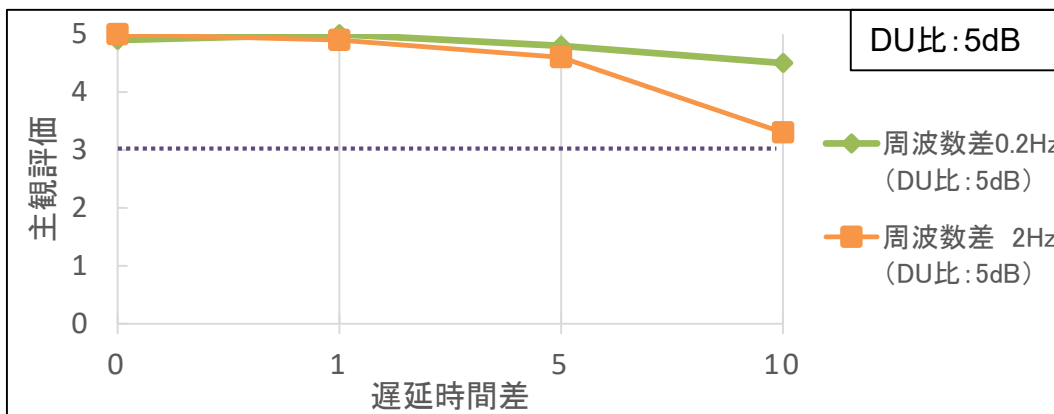
高精度なFM同期放送を行う場合の放送局間の周波数差の目標(0.2Hz)を示すべきではないか。



○ 遅延時間差やDU比が適切に管理できる条件では、放送局間の搬送波周波数差が2Hzの場合でも主観評価3が確保できる。



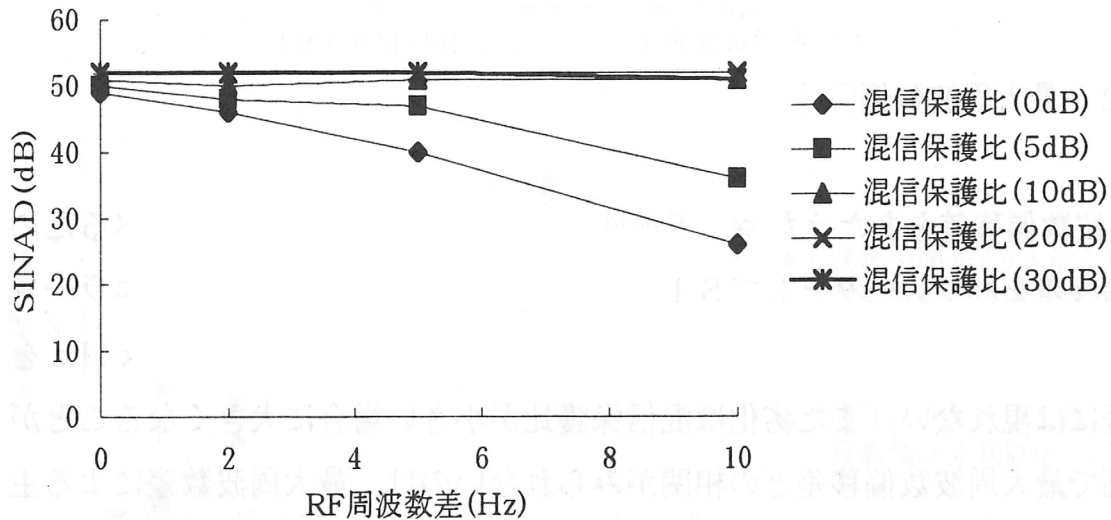
FM同期放送に必要な放送局間の周波数差としては、2Hz以内としてはどうか。



過去の検討結果

(平成9年「FM同期放送技術の調査研究報告書」から)

○周波数差について

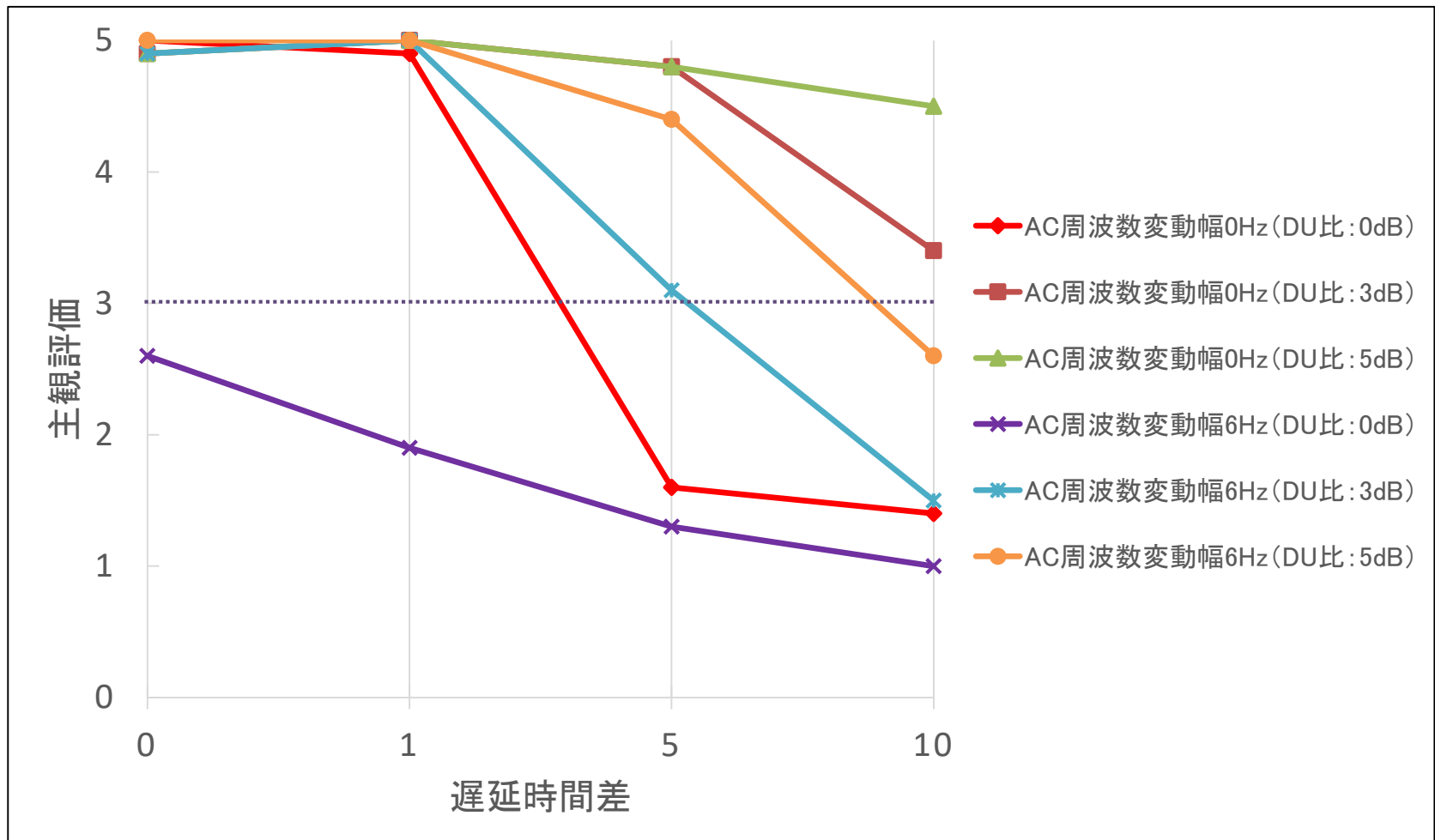


RF周波数差とSINAD (遅延時間2 μ s)



周波数差が2Hzを超えると劣化が発生

放送局間の周波数安定度について



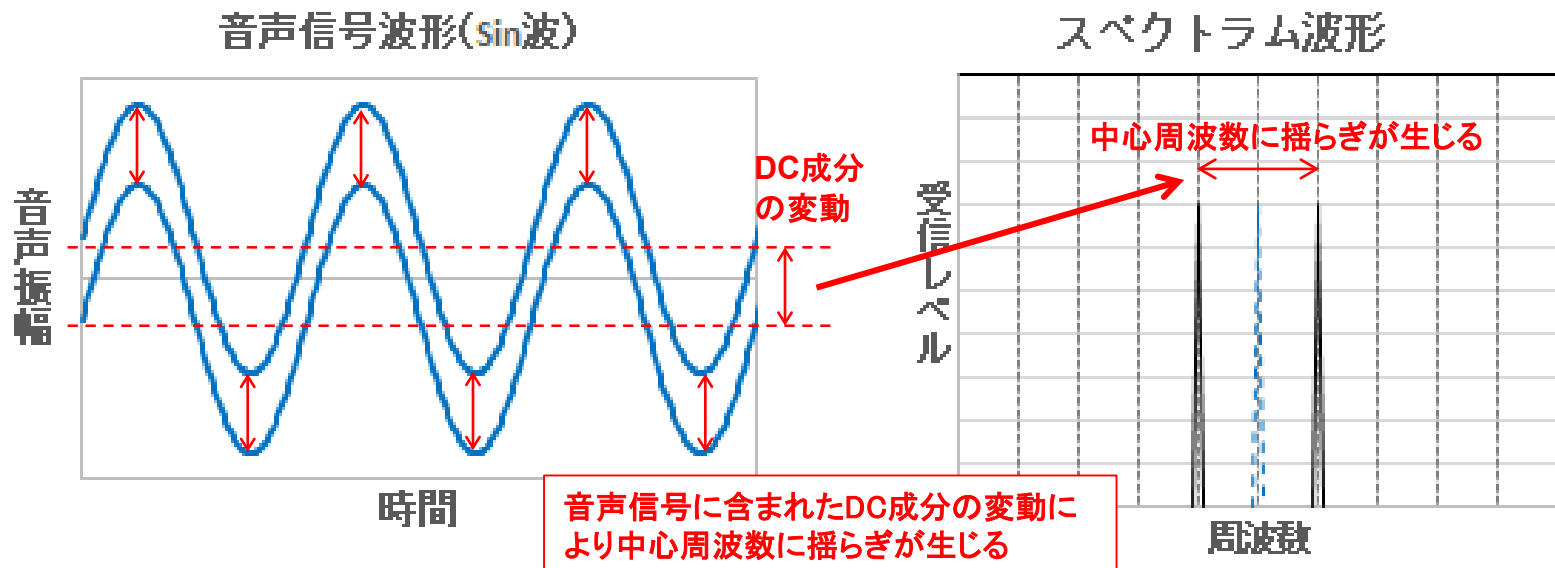
AC周波数変動幅0Hz及び6Hzにおける遅延時間差と主観評価の比較
(平成30年度技術試験事務の結果)

【参考】AC周波数変動幅について

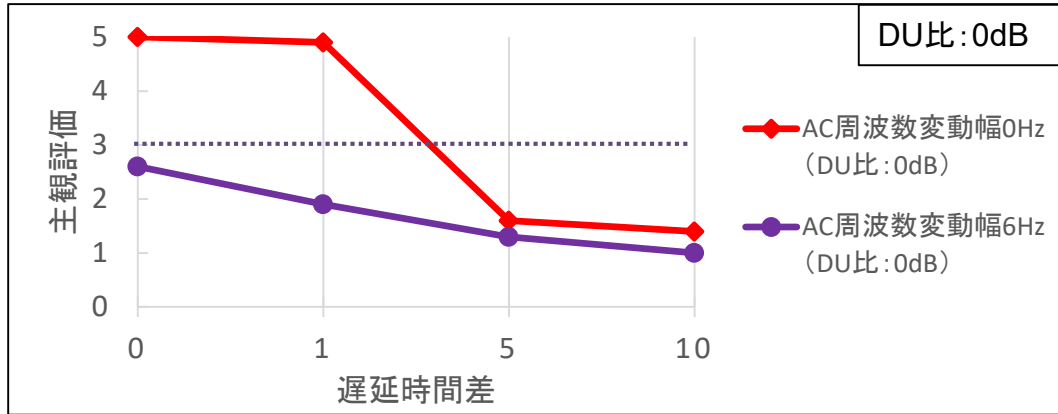
FM変調方式では、変調器に入力する音声信号のDC成分により変調時の中心周波数がずれる(DCオフセット周波数偏移)ことがあり、このずれが時間的に変動しFM変調波の平均中心周波数が揺らぐ状態(ACオフセット周波数変動)が発生する。

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。

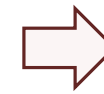
なお、こうした音声信号の変動については、適切に抑制することで高精度な同期放送を構築することができる。



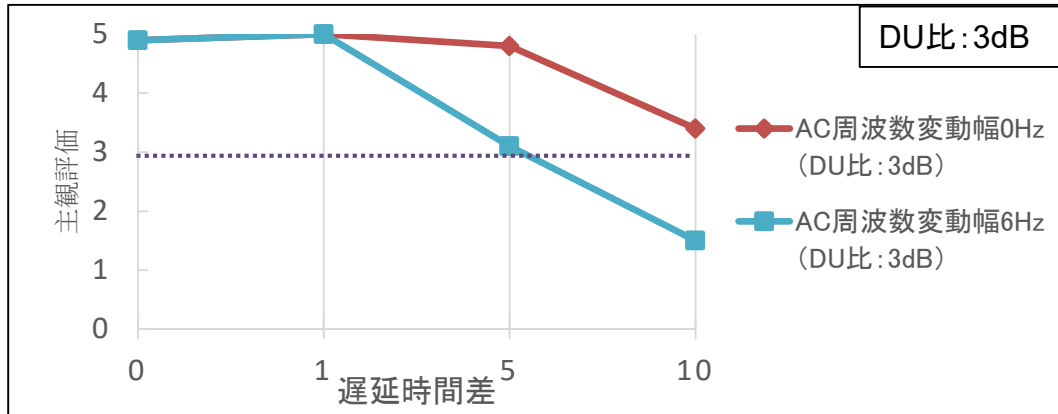
放送局間の周波数安定度について



○ DU比が0dBかつ遅延時間差1 μ s以下の条件では、放送局間のAC周波数変動幅6Hzの場合は干渉妨害により音質に影響が出ているが、AC周波数変動幅0Hzの場合は干渉妨害が発生していない。



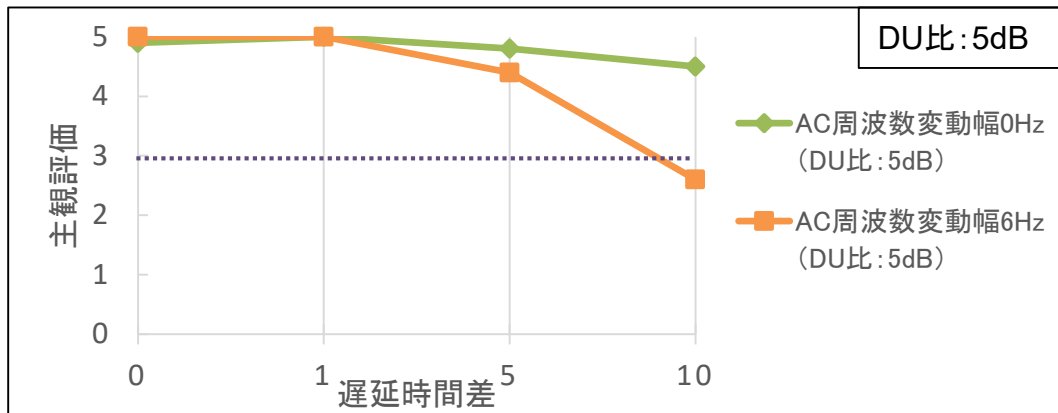
高精度なFM同期放送を行う場合の放送局間の周波数安定度の目標(0Hz)を示すべきではないか。



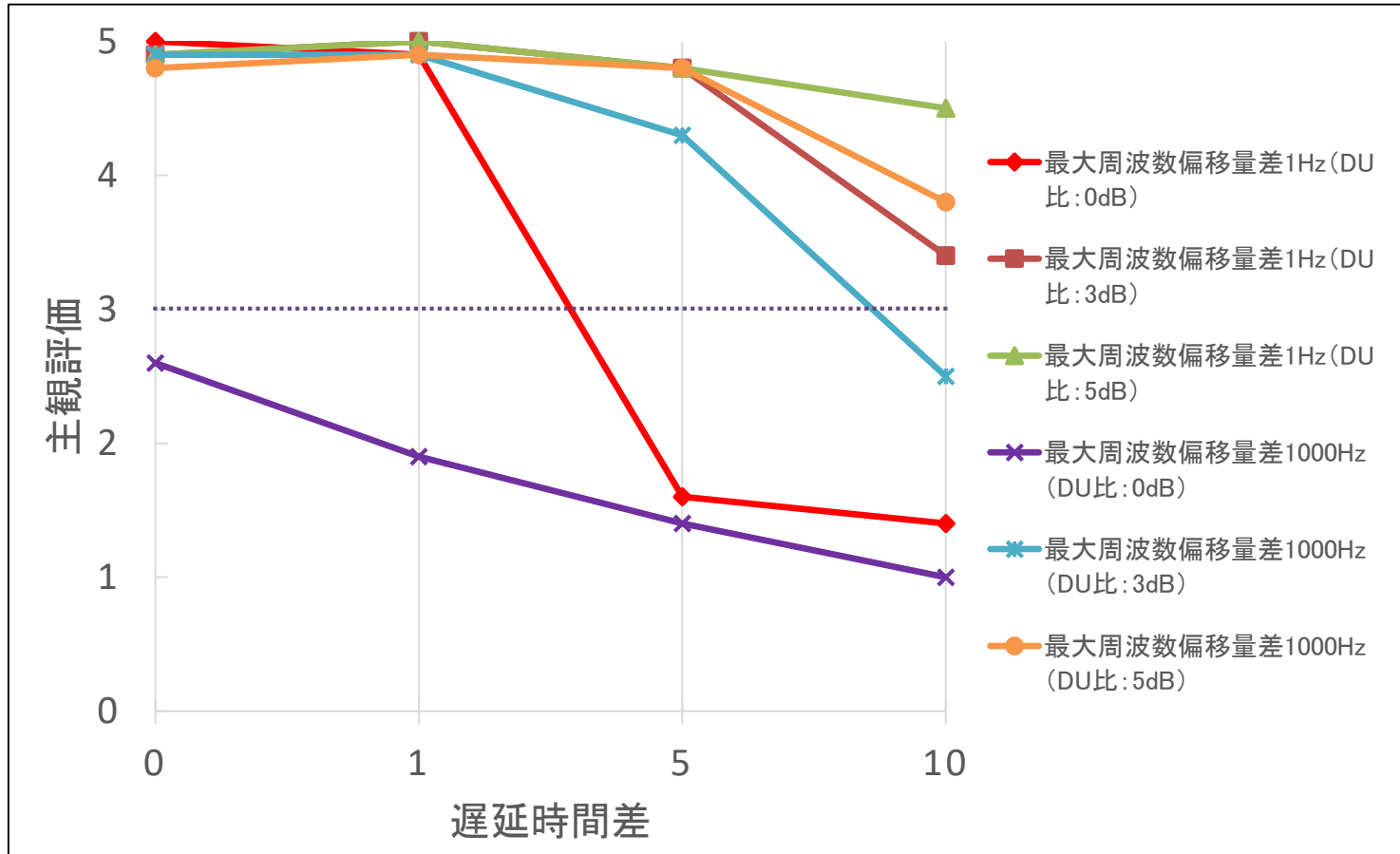
○ 遅延時間差やDU比が適切に管理できる条件では、放送局間の周波数安定度が6Hzの場合でも主観評価3が確保できる。



FM同期放送に必要な周波数安定度は、放送局間の周波数差(2Hz)を規定することで担保できるのではないか。

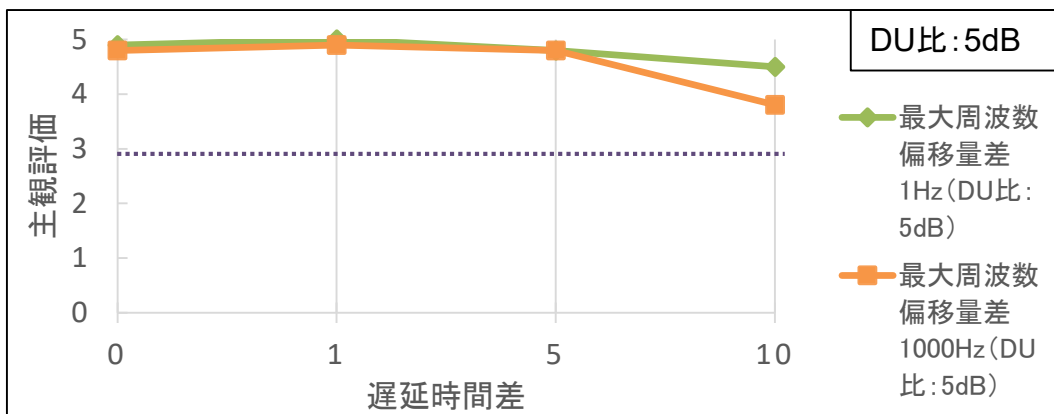
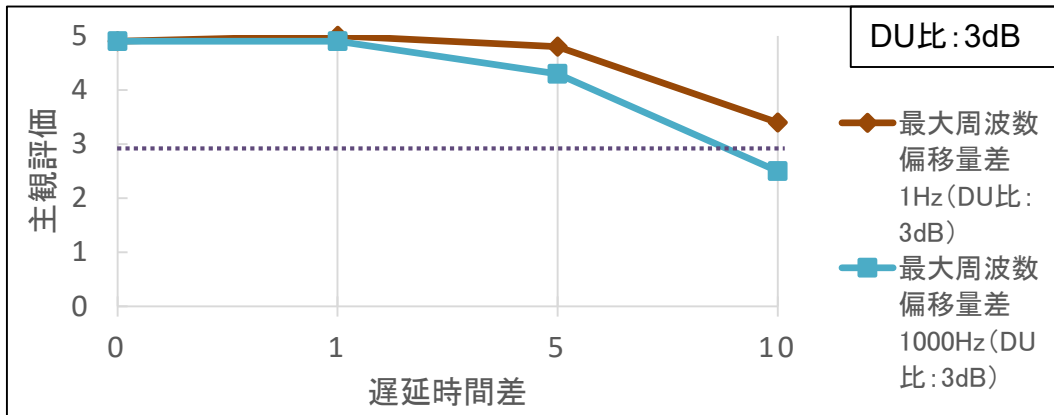
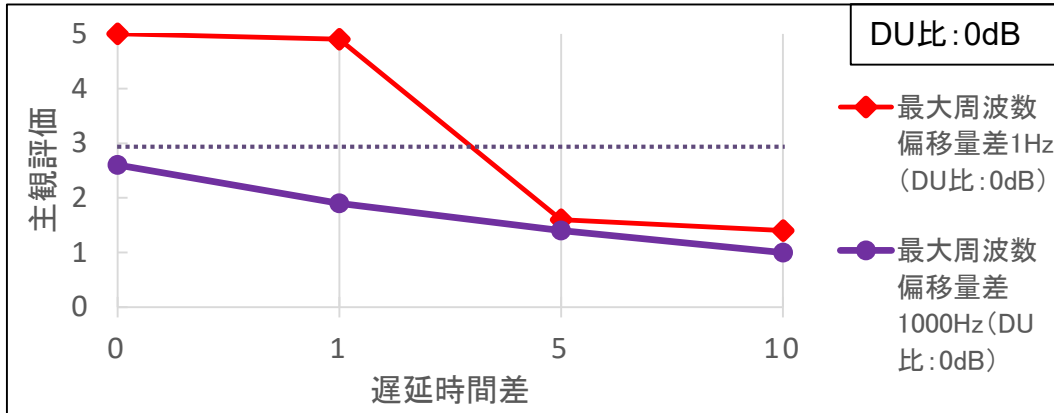


放送局間の最大周波数偏移量差について

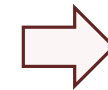


最大周波数偏移量差1Hz及び1kHzにおける遅延時間差と主観評価の比較
(平成30年度技術試験事務の結果)

放送局間の最大周波数偏移量差について



○ DU比が0dBかつ遅延時間差1 μ s以下の条件では、最大周波数偏移量差1kHzの場合は干渉妨害により音質に影響が出ているが、最大周波数偏移量差1Hzの場合は干渉妨害が発生していない。



高精度なFM同期放送を行う場合の放送局間の最大周波数偏移量差の目標(1Hz)を示すべきではないか。

○ 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量差が1kHzの場合でも主観評価3が確保できる。

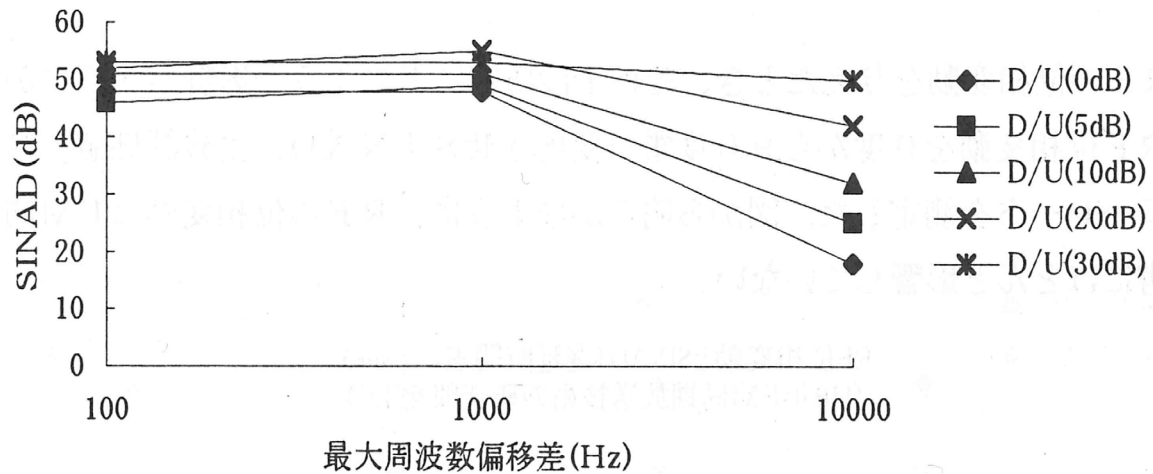


FM同期放送に必要な放送局間の最大周波数偏移量差としては、1kHz以内としてはどうか。

過去の検討結果

(平成9年「FM同期放送技術の調査研究報告書」から)

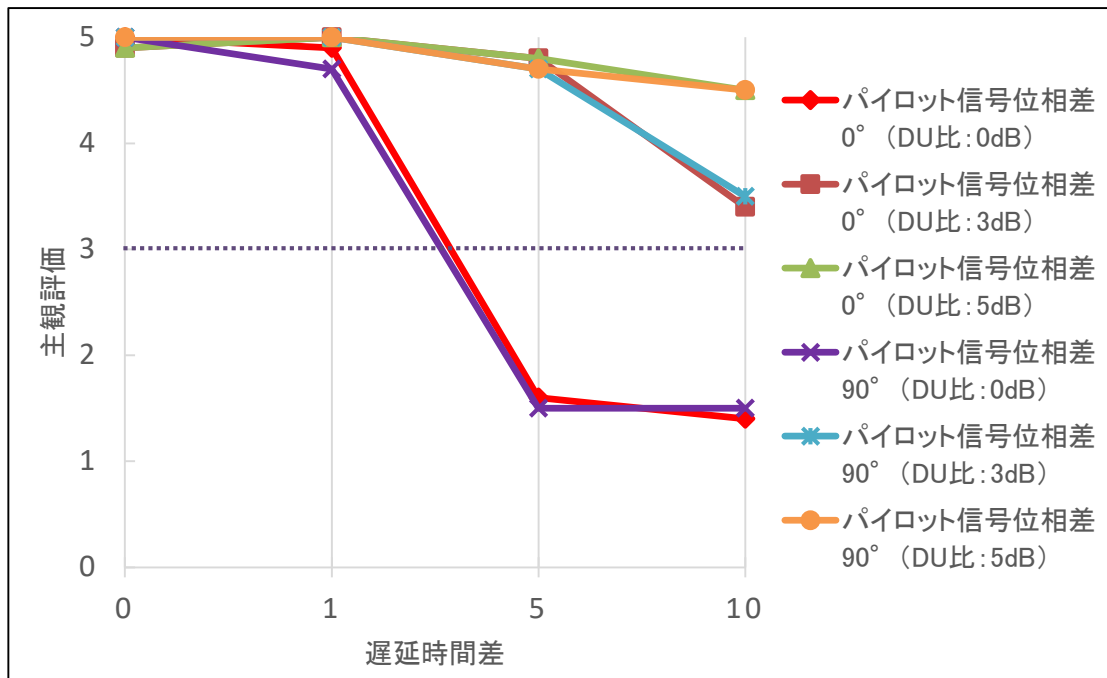
○最大周波数偏移量差について



最大周波数偏移量差が1kHzを超えると劣化が発生

最大周波数偏移差とSINAD(遅延時間2 μ s)

パイロット信号の位相差について



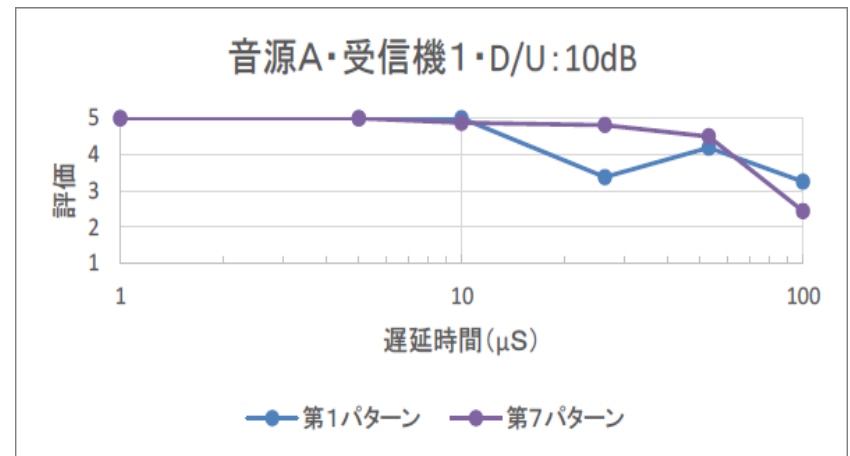
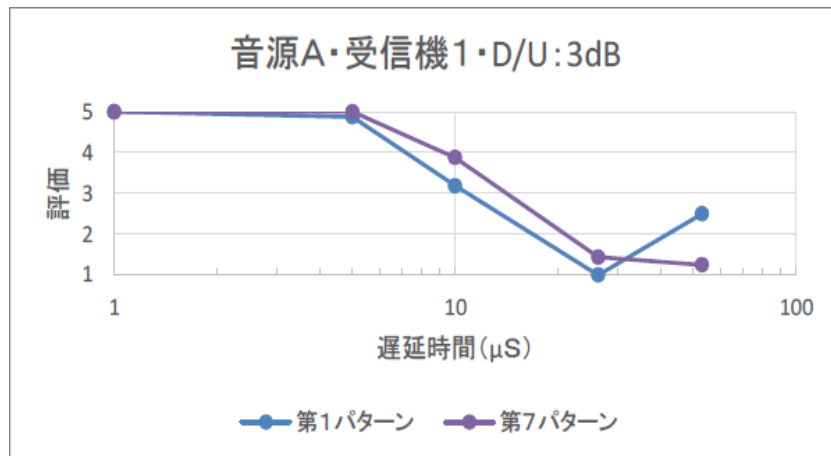
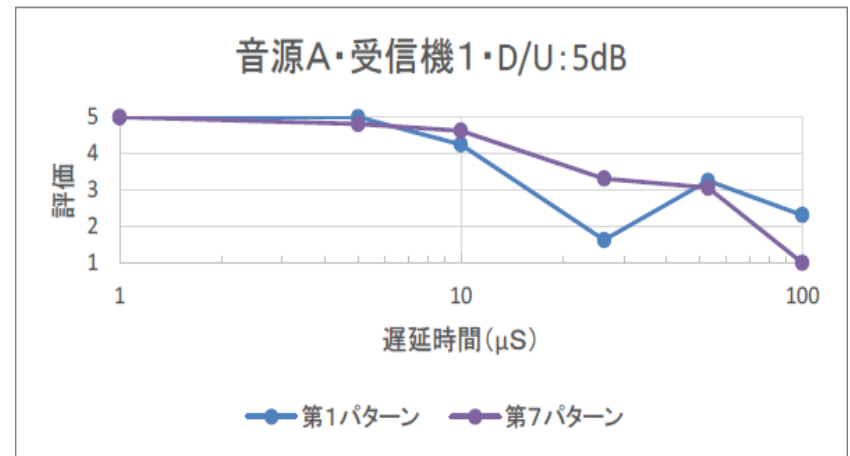
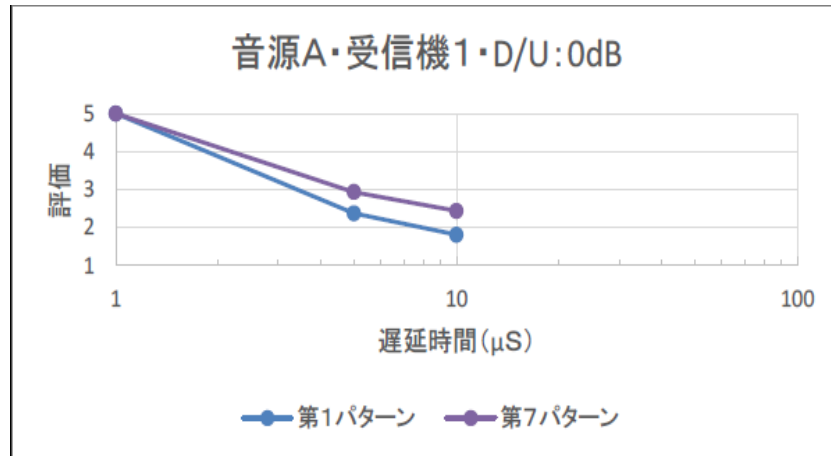
○パイロット信号位相差が0° のときと90° のときでは評価は変化しない。



パイロット信号位相差は、FM同期放送の音質に大きな影響を与えないと判断すべきではないか。

パイロット信号位相差0° 及び90° における
遅延時間差と主観評価の比較
(平成30年度技術試験事務の結果)

パイロット信号の位相差による比較

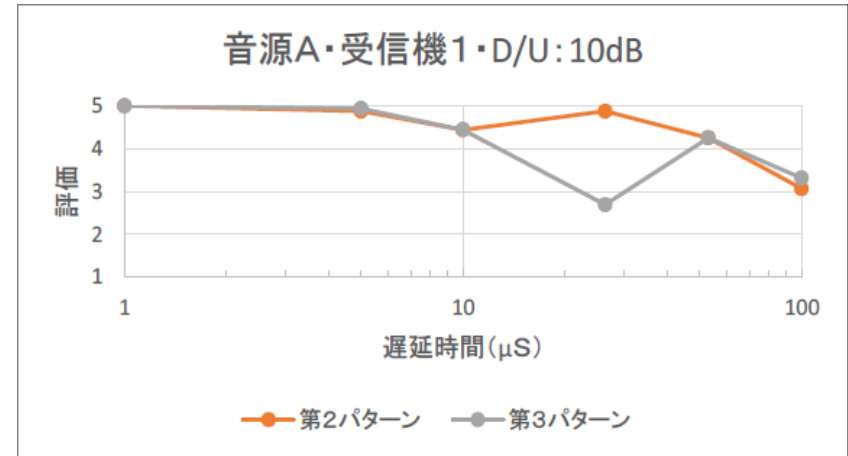
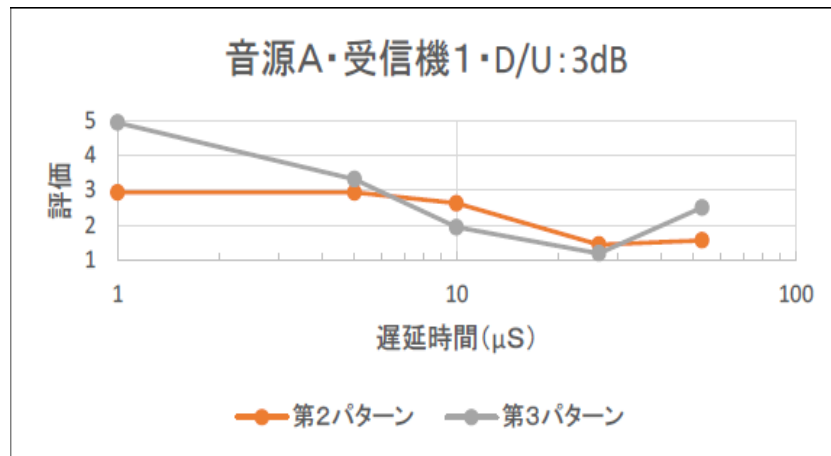
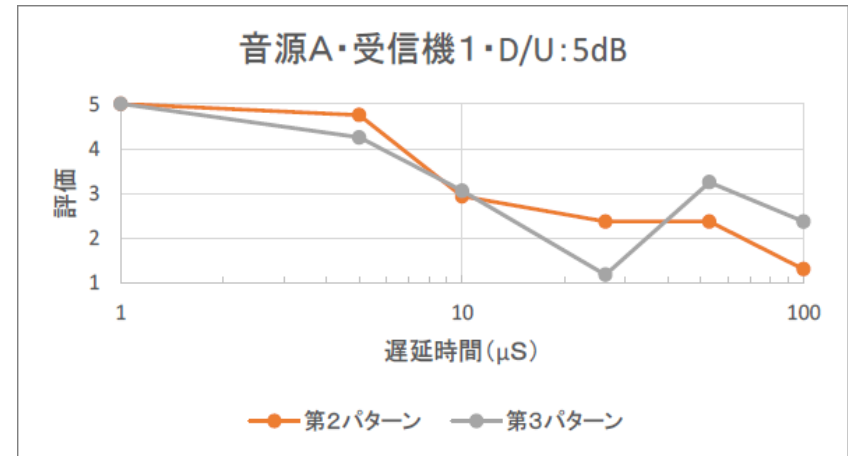
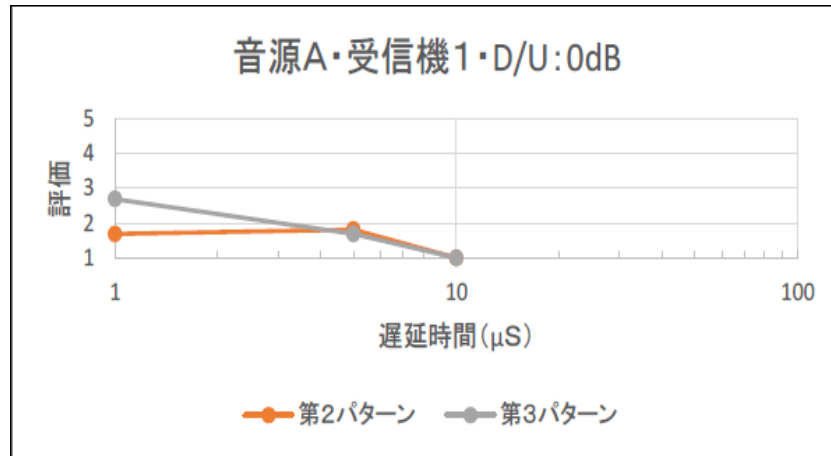


パイロット信号の位相差(0° 及び90°)による比較

【最大周波数偏移量差1Hz、音源:ピアノ】

試験パターン	中心周波数偏差	AC周波数安定度偏差	最大周波数偏移量差	パイロット位相差
第1パターン	0.2Hz	0Hz	1Hz	0°
第7パターン	0.2Hz	0Hz	1Hz	90°

パイロット信号の位相差による比較



パイロット信号の位相差(0° 及び90°)による比較

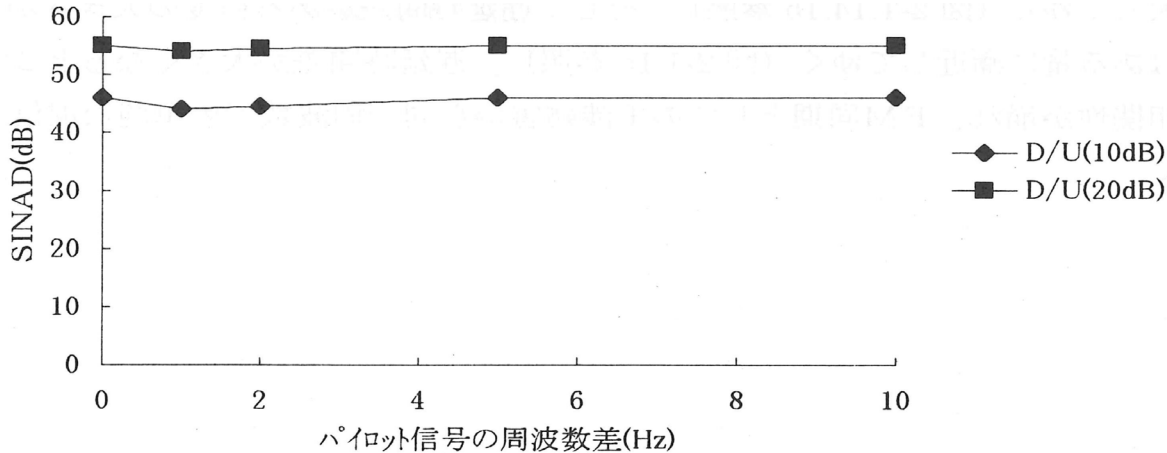
【最大周波数偏移量差1kHz、音源:ピアノ】

試験パターン	中心周波数偏差	AC周波数安定度偏差	最大周波数偏移量差	パイロット位相差
第2パターン	2Hz	6Hz	1kHz	90°
第3パターン	2Hz	6Hz	1kHz	0°

過去の検討結果

(平成9年「FM同期放送技術の調査研究報告書」から)

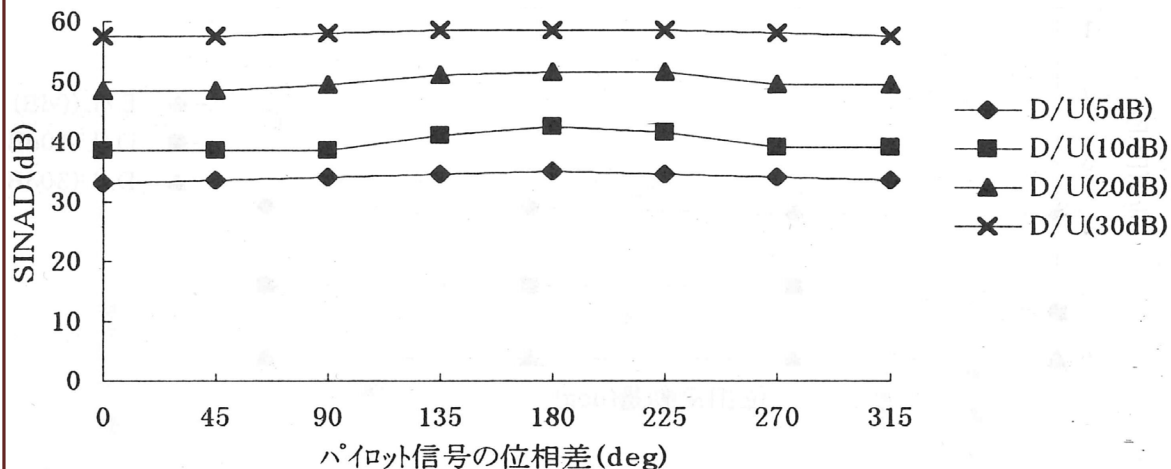
○パイロット信号周波数差について



パイロット信号の周波数差とSINAD

パイロット信号の周波数差はFM同期放送の音質に大きな影響を与えない

○パイロット信号位相差について



パイロット信号の位相差とSINAD

パイロット信号の位相差はFM同期放送の音質に大きな影響を与えない

周波数の同一化に係る送信側の技術的条件（案）

周波数の同一化に係る送信側に求められる技術的条件（案）は以下のとおり。

項目	技術的条件（案）
搬送波周波数差	FM同期放送を行う放送局間の搬送波周波数の差は0.2Hzを目標とし、少なくとも2Hz以内とすること。
周波数安定度	FM同期放送を行う放送局間の周波数安定度は0Hzを目標とすること。
最大周波数偏移差 (最大変調度偏差)	FM同期放送を行う放送局間の最大周波数偏移量の差は1Hzを目標とし、少なくとも1kHz以内とすること。