

ラジオのギャップフィルターの混信検討について

平成27年2月25日
ギャップフィルター作業班

ギャップフィルタと関係する干渉対象無線システム

1. 相互変調

FM放送用周波数とマルチメディア放送用周波数との関係による他の無線局への影響範囲は放送用周波数の端から±32MHzとなる。これらの範囲内の国内の割当は以下のとおり

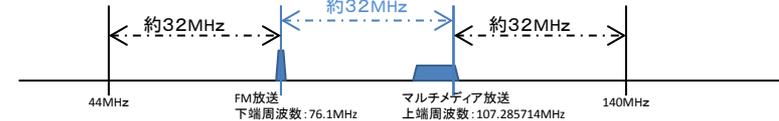


表1 周波数割り当て

周波数帯 (MHz)	割当業務	備考
44-50	移動業務	
50-54	アマチュア業務	
54-74.8	移動又は固定業務	
74.8-75.2	航空無線航行業務	
75.2-76	移動業務	音声アシスト用無線電話用特定小電力無線局
76-108	放送業務	99MHz-108MHzはマルチメディア放送
108-117.975	航空無線航行業務	
117.975-137	航空移動業務	
137-138	移動衛星業務等(宇宙から地球)	
138-142	航空移動業務	

2. 隣接周波数

FM放送用周波数の隣接となる無線システムは下端で音声アシスト用無線電話用特定小電力無線局(75.8MHz)、上端でマルチメディア放送(101.285714MHz)となる。

FM受信機に与える影響について

1. 強電界環境におけるFM受信機の影響

- ◆ 強電界強度環境では、受信機に障害を与える可能性があるため注意が必要。
- ◆ 受信機入力部に強い信号が複数波加わると、安定動作領域でないため感度抑圧や相互変調などの障害が発生する可能性がある。
- ◆ 影響を受ける条件は、受信機個別性能、入力周波数、入力波数、入力電力等により劣化特性は異なる。
特に、受信機の種類により大きく異なり傾向も見られる。
- ◆ 特に、相互変調周波数の関係にある場合は、低い入力電力においても受信劣化が生じる。

受信機の種類	強電界の性能	受信形態	受信高	アンテナ	アンテナ利得	備考
カーステレオ	強い	移動	地上高2m	車載アンテナ(屋外)	0~-8dB程度	
ステレオセット	強い	固定	地上高4m	外部アンテナ(屋内外)	10~-5dB程度	
ラジカセ	弱い	固定	地上高4m	ロッドアンテナ(屋内)	0~-15dB程度	特に注意が必要
携帯ラジオ	弱い	移動	地上高2m	イヤホンアンテナ(屋内外)	-5~-20dB程度	

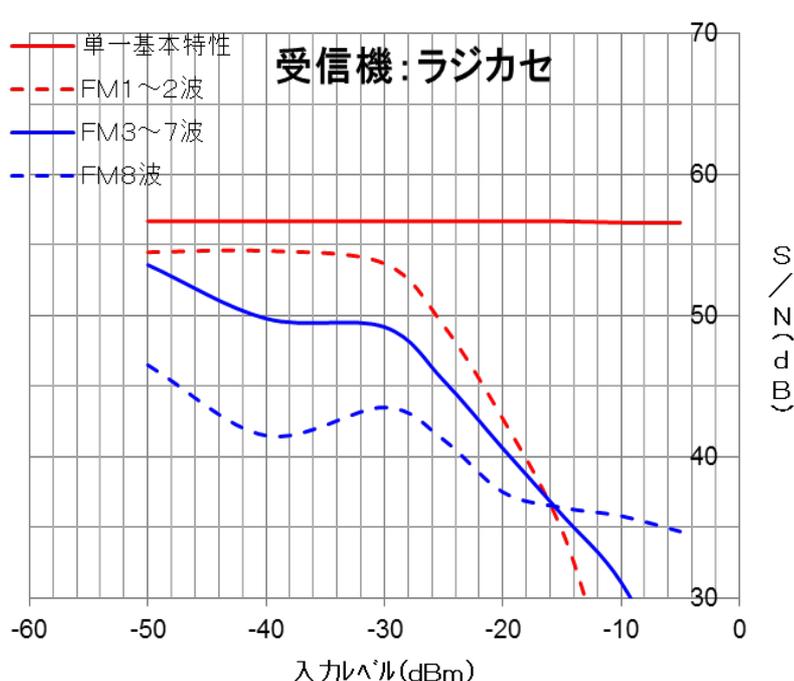
評価試験については、比較的受信劣化が起きやすい(相互変調等の影響を受けやすい)ラジカセ型受信機をモデルに干渉基準を検討した。

なお、カーステレオやステレオコンポは、評価実験において影響がほとんど見られなかった。

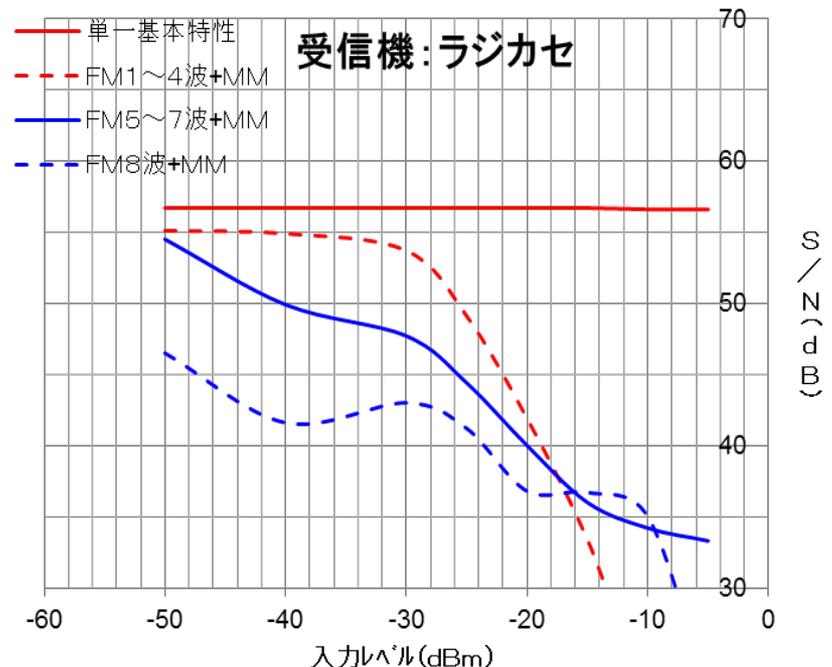
受信機評価試験

2. FM受信機の評価試験

- 市販されている受信機について、FM放送波を2～8波入力した場合と、その条件にV-Lowマルチメディア放送を加えた場合の強電界環境(過入力状態)での受信機のS/N劣化を調査した。
- 試験受信機は、76～108MHzまで受信可能な市販受信機を用意し、東京、大阪、広島で実際に使用している周波数で、71パターン、5機種の受信機で試験した。
- 試験の結果、受信機機種、周波数(相互変調周波数関係を含む)、FM受信波数などの条件により劣化特性が大きく異なるが、最も特性が悪かったものはラジカセ型受信機であった。
- S/N40dBを下回る特性が、FM受信波数により分類できたことから、その組合せの中から最も悪い振る舞いをした代表データを示す。なお、カーオーディオ、ステレオコンポの受信機は、過入力時においてもS/N劣化は微小であり、S/N40dBを下回ることは無かった。



FM放送波2～8波受信時の特性



FM放送波2～8波+MM受信時の特性

受信機評価試験

3. FM受信障害の発生日安

- 最も特性が悪かったラジカセ型受信機において、71通りの試験パターン結果からS/N40dBとなるFM受信波数と入力電力の最悪値を整理した。
- 相互変調周波数は、マルチメディア放送の置局も踏まえ、次の強電界の放送区域が重なり合う場合は、慎重な障害発生規模の推定が必要。

また、相互変調関係が無い場合でも複数波による感度抑圧と思われる影響があることから、相互変調の場合と同様に慎重な障害発生規模の推定が必要。

	FM波数	入力電力 (dBm)	電界強度 (dB μ V/m) [*]		
			76MHz	80MHz	88MHz
マルチメディアなし	1~2	18	100	100	101
	3~7	19	99	99	100
	8	23	95	95	96
マルチメディアあり	1~4	19	99	99	100
	5~7	20	98	98	99
	8	24	94	94	95

^{*}電界強度は、受信空中線をロッドアンテナ(-5dB)とした場合

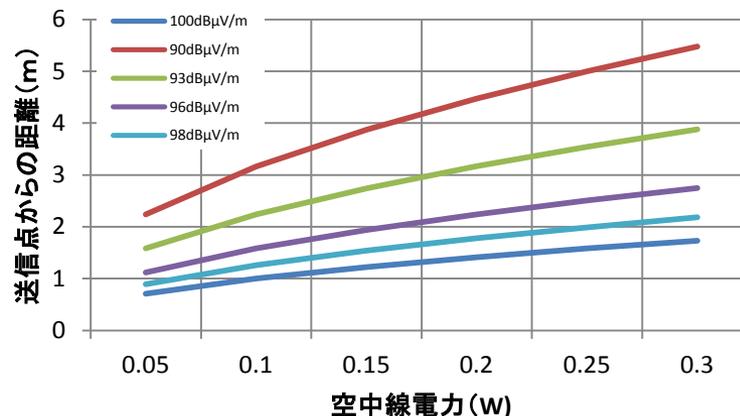
4. 障害発生規模の推定について(参考)

- ◆市場に出回っている一部の受信機では、基本規格を満足していないものも確認されている。(平成10年度電気通信技術審議会答申)
- ◆FM受信機の普及形態は変化し、地上高4mの屋外アンテナステレオセットでの受信率は10%未満。(平成10年度電気通信技術審議会答申)
- ◆過去にアナログテレビ放送の1~3chの大電力送信所があった地域については、強電界環境の受信耐性は保たれている場合が多い。
- ◆具体的な受信障害発生規模の推定では、受信形態(屋外/屋内)における建物侵入損失、受信アンテナ型式/利得差、受信アンテナ高差による電界低下損失、偏波面損失、電波伝搬損失(都市減衰等)、性能の劣っている受信機の普及率などを考慮し詳細の推定検討を行う。

ギャップファイラーからの電波の電界強度を検討

強電界となる地域はギャップファイラーの送信アンテナの近傍と考えられるので検討に際しては、自由空間伝搬において検討する。

$$E = \frac{7\sqrt{GP}}{d}$$



ギャップファイラーの空中線電力250mW、送信アンテナ利得7dBで検討したところ、90dB μ V/m以上となる範囲は送信アンテナから5m以内である。

したがって、

○他の無線システムや放送局への感度抑圧は送信点から5m以内

○他の無線システムへの他の放送局との相互変調も放送区域が90dB μ V/m以上で重なり合う地域

となる。

このような地点は、送信アンテナ高が10mであることなどから考えて、P2に示す他の無線システムへの影響は極めて限定的と考えられ、特段の支障は無いものと認められる。

ギャップファイラーと航空無線システムとの共用条件検討

・航空無線業務との混信検討(念のため)

ギャップファイラーからの電波が、航空機に搭載されているILS及びVOR受信機に対して与える影響について、国際民間航空条約のANNEX10に規定されているイミニティ保護レベル(表1)を満足するための最低離隔距離をITU勧告(ITU-R SM.1009-1)に掲載されている以下の式1及び式2により計算した結果、ギャップファイラーの仕様等を表2のとおりを設定した場合、最小離隔距離は「1.4m」となるが、航空機の運用形態や大きさ等を考慮すると、この最小離隔距離よりも近づくことは無いことから、混信問題は生じないものと認められる。

【表4 標準航行システムに関するイミニティ保護レベル】

System	ICAO Reference	Maximum Level of undesired FM signal (dBm)				
		88 MHz	102 MHz	104 MHz	106 MHz	107.9 MHz
ILS	Annex 10, Volume 1, Para 3.1.4.2	15	15	10	5	-10
VOR	Annex 10, Volume 1, Para 3.3.8.2	15	15	10	5	-10
GBAS	Annex 10, Volume 1, Para 3.6.8.2.2.8.2 (108.025 - 111.975 MHz)	15	15			
	(112.000 - 117.975 MHz)		15	10	5	0

Note : 1. Annex 10 for all systems specifies linear interpolation between defined points.

2. The levels quoted are at the input to the receiver.

【表5 計算諸元】

空中線電力	250mW (-6.02dBW)
アンテナ利得等	5dB
GF周波数	95MHz
離隔距離	100m(航空機の大きさ等を考慮した値)

【式1 GFからILS/VOR受信機への入力電力算出式】

$$E = 76.9 + P - 20 \log d + H + V \quad (\text{ITU-R SM. 1009-1 3.3.7})$$

E : field strength (dB(μ V/m)) of the broadcasting signal

P : maximum e.r.p. (dBW) of broadcasting station

d : slant path distance (km) (see definition in Annex 4)

H : h.r.p. correction (dB)

V : v.r.p. correction (dB).

【式2 ILS/VOR受信機の入力電力算出式】

$$N = E - 118 - L_s - L(f) - L_a \quad (\text{ITU-R SM. 1009-1 3.4})$$

where:

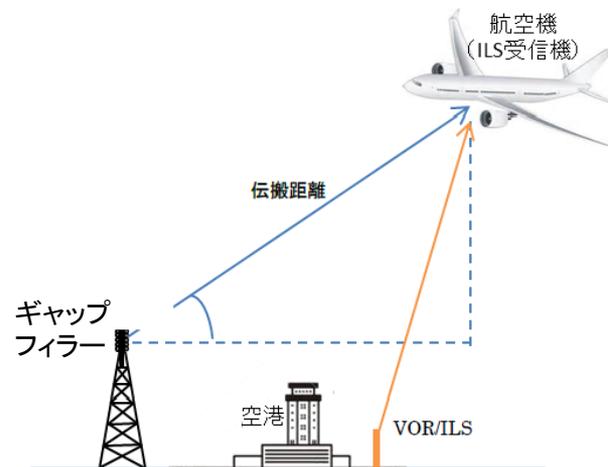
N : broadcasting signal level (dBm) at the input to the aeronautical receiver

E : field strength (dB(μ V/m)) of the broadcasting signal

L_s : signal splitter loss of 3.5 dB

$L(f)$: antenna system frequency-dependent loss at broadcasting frequency f (MHz) of 1.2 dB per MHz below 108 MHz (for a horizontally polarized antenna)

L_a : antenna system fixed loss of 9 dB.

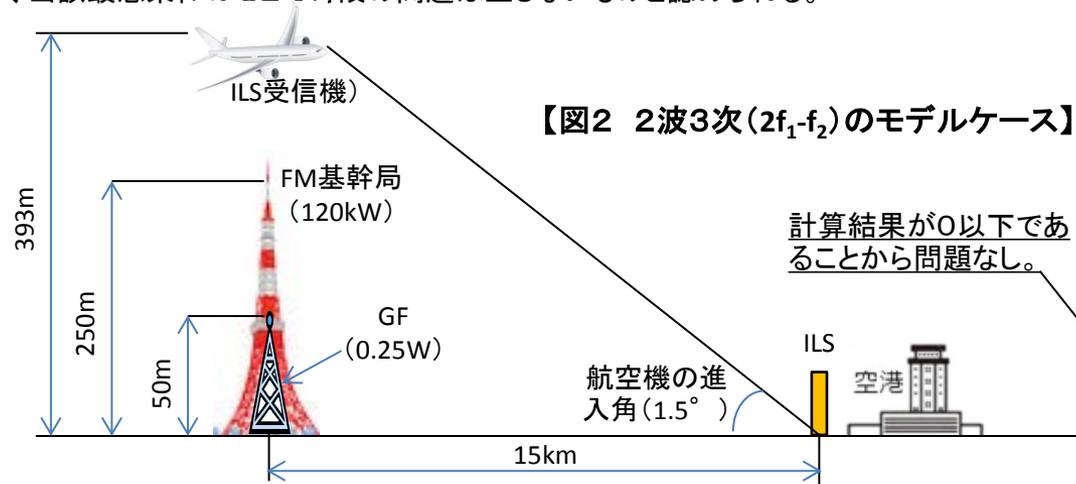


【図1 GFと航空無線システムとの位置関係】

ギャップフィルターと航空無線システムとの相互変調周波数による影響の検討

1. 2波3次の相互変調周波数の検討

ギャップフィルターの周波数と他のFM放送局との2波3次の相互変調積が航空機に搭載されているILS受信機に対して与える影響について、ITU勧告 (ITU-R SM.1009-1) の規定に基づき、表6のとおり最悪条件でのパラメータで計算した結果、相互変調障害検討値は「 $-7.3\text{dB} \leq 0$ 」となり、当該最悪条件のもとで特段の問題は生じないものと認められる。

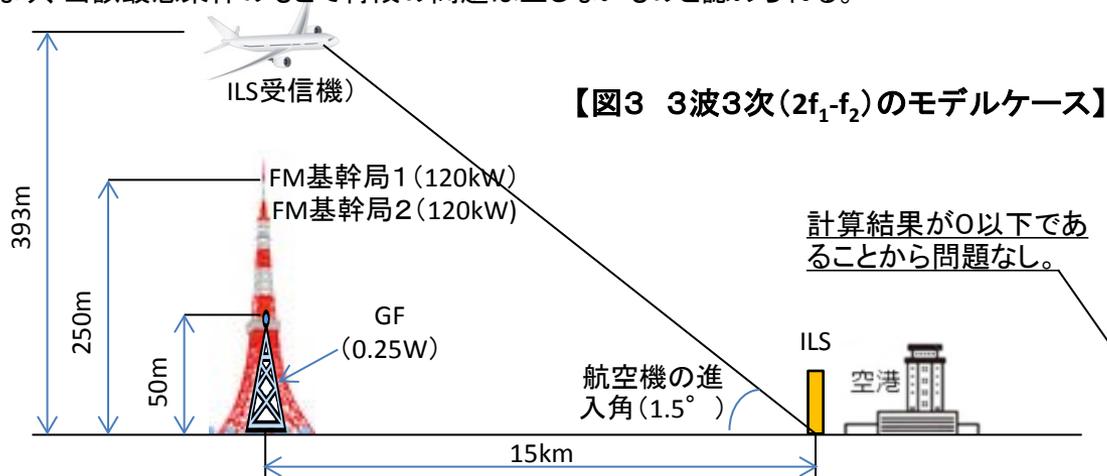


【表6 計算諸元(2波3次)】

FM基幹局のERP	120kW
GFのERP	0.25W
アンテナ利得等	5dB
FM基幹局周波数1 (f_1)	95MHz
GF周波数 (f_2)	82MHz
水平距離	0m
FM基幹局の送信高	250m
GF送信高	50m
FM基幹局の最小離隔距離	0.14km
GFからの最小離隔距離	0.34km
計算結果	-7.3dB

2. 3波3次の相互変調周波数の検討

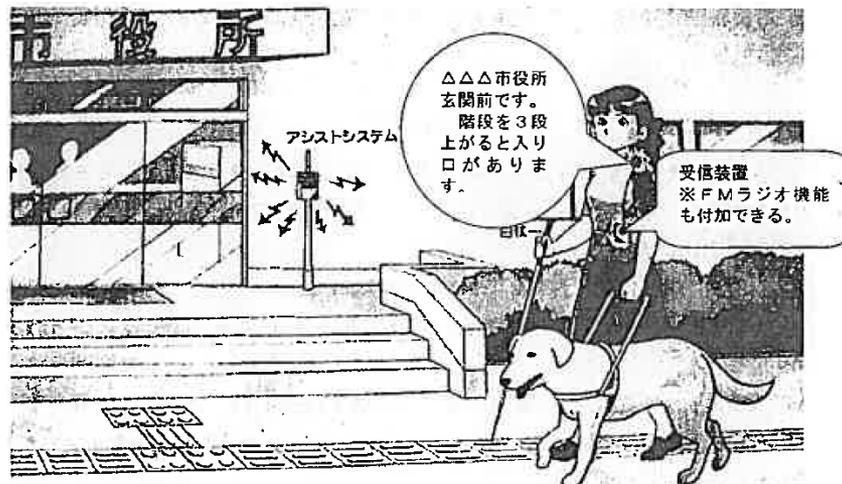
ギャップフィルターの周波数と他のFM放送局との3波3次の相互変調積が航空機に搭載されているILS受信機に対して与える影響について、ITU勧告 (ITU-R SM.1009-1) の規定に基づき、表7のとおり最悪条件でのパラメータで計算した結果、相互変調障害検討値は「 $-5.2\text{dB} \leq 0$ 」となり、当該最悪条件のもとで特段の問題は生じないものと認められる。



【表7 計算諸元(3波3次)】

FM基幹局のERP	120kW
GFのERP	0.25W
アンテナ利得等	5dB
FM基幹局周波数1 (f_1)	79MHz
FM基幹局周波数2 (f_2)	92MHz
GF周波数 (f_3)	95MHz
水平距離	0m
FM基幹局(1、2)の送信高	250m
GF送信高	50m
FM基幹局(1、2)の最小離隔距離	0.14km
GFからの最小離隔距離	0.34km
計算結果	-5.2dB

音声アシスト用無線電話用特定小電力無線局との干渉検討



音声アシスト用無線電話のイメージ
周波数: 75.8MHz、空中線電力: 10mW

・FM放送局との混信検討 FM放送局からの与干渉

平成12年度電気通信技術審議会答申「諮問第114号 電波を使用する音声アシスタントシステムの技術的条件」を検討するにあたり、右の「FM放送局強電界下における音声アシスタントシステム受信状況調査」のとおり調査を実施しており、放送波の電界強度が90dB μ V/m程度の場合、音声アシスト無線の設置場所から6m以内においては当該無線局からFM放送の電波から妨害を受けないと評価されている。

FM放送局への被干渉

また、放送波が最も弱くなる放送区域のフリンジ(48dB μ V/m)において音声アシスト無線の実用域(0.08mW)では放送への妨害は無いと評価されている。

③ 考察
上越及び新潟のコミュニティFM放送の送信点付近においては、ともにコミュニティFM放送の電界強度が強いため、放送波の受信に際して、音声アシストシステムからの干渉をほとんど受けなかった。
フリンジ地点の場合においては、コミュニティ放送の電界強度が低いため、音声アシストシステムの送信電力が最大の場合(8mW:実測値)、コミュニティFM放送の受信に干渉を与えたが、音声アシストシステムの等価等方輻射電力を技術的条件の範囲内とした場合、コミュニティFM放送の受信に干渉を与えることはない。
また、音声アシストシステムへの干渉は、送信出力が実用域(0.08mW)では干渉を受けずに聞き取ることが可能であった。

DATA4(第3章・2-(2)関連)			
件名	東京タワー実験・相圧対策機試験	測定日	平成11年10月27日
測定場所	竹芝駅構内	測定者	八木アンテナ

1. 東京タワーFM局

電界強度測定表<表1>													
高さ(m)	76.1MHz		77.1		80.0		81.3		82.5		75.8MHz		備考
	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直	
4	94	90	83	83	83	84	83	83	84	83	83	83	△は送信機
備考	インターフェイス		放送大学		FM東京		FM-JAPAN		NHK		-		※単位: dB μ V/m
	直接波		-		-		-		-		-		※測定: dB μ V/m

2. アシストシステム

測定条件<表2>						
局名	アシスト実験1	使用アンテナ	付属ケーブル	受信周波数	下記	
送信出力	10mW	送信高	1m	FM局からの方位	TNI05°	
アンテナ高さ	55 dB	受信高	1.5m	FM局からの距離	1.6Km	

距離(m)	受信状況(計測評価/劣化)								電界強度	
	受信機A				受信機B				75.8MHz	75.8MHz
	f=75.8MHz	f=76.1MHz	f=75.8MHz	f=76.1MHz	f=75.8MHz	f=76.1MHz	f=75.8MHz	f=76.1MHz	垂直	計算値
0	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	-	-
1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	63	61.9
2	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	60	55.9
3	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	57	52.4
4	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	55	49.9
5	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	52	47.9
6	5/1	5/1	-	-	5/1	-	-	-	-	46.3
7	-	-	5/1	-	5/1	-	-	-	-	44.8
8	-	-	5/1	-	5/1	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
考察	竹芝では東京タワーの電界が低い為、計測では劣化の影響が少なく、対策受信機は電界強度が正しくなく、6m程度まで放送波に影響が及ぶ。逆に未対策受信機に比べ受信レベルが低かった。								計算値は空中線電力0dBdとした。実際は-10dBd。	
備考	受信帯域幅180kHz (アシスト用、携帯型)				受信帯域幅180kHz (アシスト用、携帯型、相圧対策)				単位: dB μ V/m	

ギャップファイラーからの電波が強電界となる近傍は5m以内であり、支障は無いものと認められる。

マルチメディア放送との干渉検討

1. マルチメディア放送からFM放送局への被干渉は4MHzのガードバンドを確保していても、次表のとおりマルチメディア放送のERPが概ね10W以下である必要があるが、全てのマルチメディア放送が10W以下となることは無く、現実的ではない。

このため、マルチメディア放送を行う送信所付近では、その影響が避けられない。置局にあたっては、マルチメディア放送からの影響を受けないよう十分に検討する必要がある。

表7 マルチメディア放送からFM放送局への被干渉の検討

ガードバンド	0.457MHz	4.171MHz	6.171MHz	12.171MHz
混信保護比(9セグメント)	-9dB以上	-16dB以上	-20dB以上	-25dB以上
ギャップフィルターのERP(D)	-6dBW(250mW)			
マルチメディア放送のERP(U)	3dBW以下 (2W)	10dBW以下 (10W)	14dBW以下 (25W)	19dBW以下 (79W)

2. FM放送からマルチメディア放送への与干渉は、ギャップフィルターの空中線電力が250mWと小さく、マルチメディア放送に混信を与える恐れはない。

表8 FM放送局からマルチメディア放送への与干渉の検討

ガードバンド	0.457MHz
混信保護比(9セグメント)	-36.5dB以上
ギャップフィルターのERP(U)	-6dBW(250mW)
マルチメディア放送のERP(D)	-42.6dBW以上(0.06mW)

※ 混信保護比は、平成21年度情報通信技術審議会答申「諮問第2023号 放送システムに関する技術的条件のうち携帯端末向けマルチメディア放送方式の技術的条件」から

放送帯域内における他の放送局との混信保護比

- 1 自局が再放送を行う電波の予想電界強度値と上位の放送局の電波の電界強度値とが、次の混信保護比(与干渉)を満足すること(現行規定)

周波数差	混信保護比
0kHz	36dB
100kHz	33dB
200kHz	7dB
300kHz	-10dB
400kHz	-25dB

- 2 放送波中継回線に対する自局の再放送を行う電波の予想電界強度値が、次の混信保護比を満足すること(現行規定)

周波数差	混信保護比
0kHz	60dB
100kHz	55dB
200kHz	40dB
300kHz	10dB
400kHz	-20dB
500kHz	-30dB
600kHz	-40dB
700kHz	-50dB
800kHz	-60dB

電波防護指針の適合性

ギャップフィルターの仕様を下表のとおりとして、電波防護指針(電波法施行規則第21条の3関係)への適合性について、平成11年郵政省告示第300号(無線設備から発射される電波の強度の算出方法及び測定方法)における計算式により検討した結果、電界強度の実効値、磁界強度の実効値及び電力束密度のいずれの基準に対しても十分に満足していることから、特に支障は無いものと認められる。

表10 ギャップフィルターの電波防護指針検討用モデル

空中線入力電力:P	0.25W
アンテナの利得:G	2.24倍(3.5dBd)
アンテナから算出地点までの距離:R	10m ※想定される最も近い距離
周波数:f (波長:λ)	95MHz (3.16m)
反射係数:K	2.56 ※送信周波数が76MHz以上で大地面の反射を考慮した場合の値

計算結果

平成11年郵政省告示第300号における計算式により以下のとおり計算をした結果、電波防護指針の規定値を十分に満足していることから、特に支障は無いものと認められる。

$$\text{磁力束密度 } S = \{(0.25 \times 2.24) / (40\pi \times 10^2)\} \times 2.56 = 0.000114 (\text{mW/cm}^2)$$

$$\text{電界強度の実効値 } E = \sqrt{3700 \times S} = 0.65 (\text{V/m})$$

$$\text{磁界強度の実効値 } H = \sqrt{S \div 37.7} = 0.0017 (\text{A/m})$$

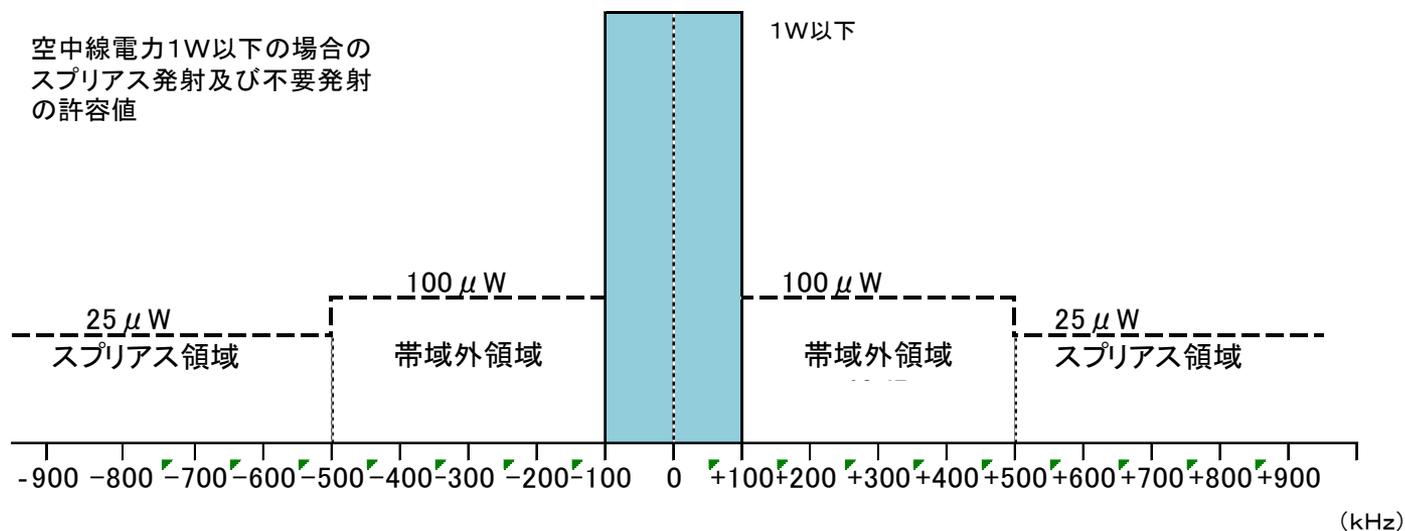
【参考(電波防護指針の基準値)】

電界強度の実効値 : E(V/m)	磁界強度の実効値 : H(A/m)	電力束密度 : S(mW/cm ²)
27.5	0.0728	0.2

スプリアス発射及び不要発射の許容値

無線設備規則第7条(別表3号第5項(3))に示す次の基準値に適用することが適当と認められる。

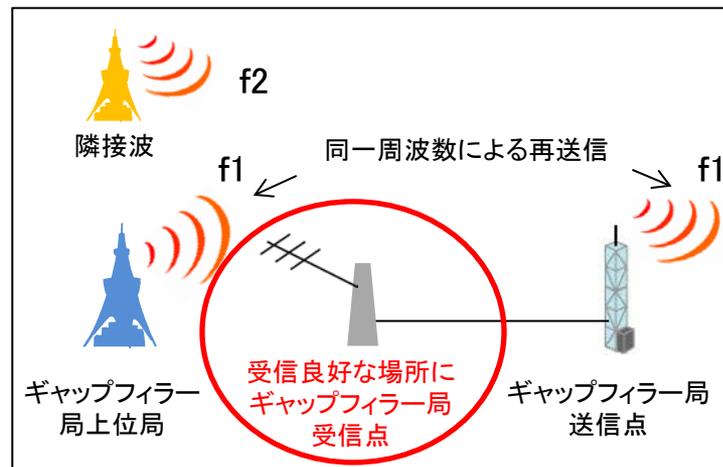
空中線電力	帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値	スプリアス領域における不要発射の強度の許容値
1W以下	100 μ W以下	25 μ W以下



ギャップフィルターの受信点の条件

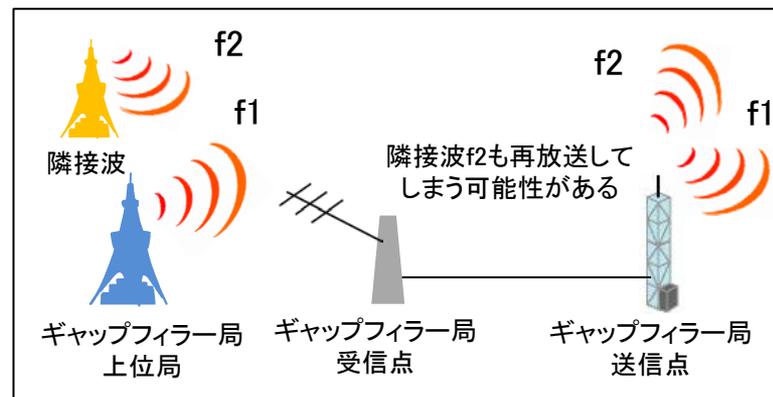
受信点に関する条件1

既存FM放送局の電波を $48\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 以上の電界強度で受信できるように受信アンテナの利得、安定した放送波が受信できる設置場所の確保等を行うこと。



受信点に関する条件2

ギャップフィルターは非再生中継方式により中継を行うため、放送波の隣接チャンネルも併せて再放送を行うことが想定される。このため、ギャップフィルターの受信点における受信電波から不要な隣接チャンネルの電波を排除するよう、受信アンテナの位置や利得等の調整や地形等による遮蔽等を活用し、スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値を超えないよう次項の条件を確保すること。



空中線電力からの不要発射

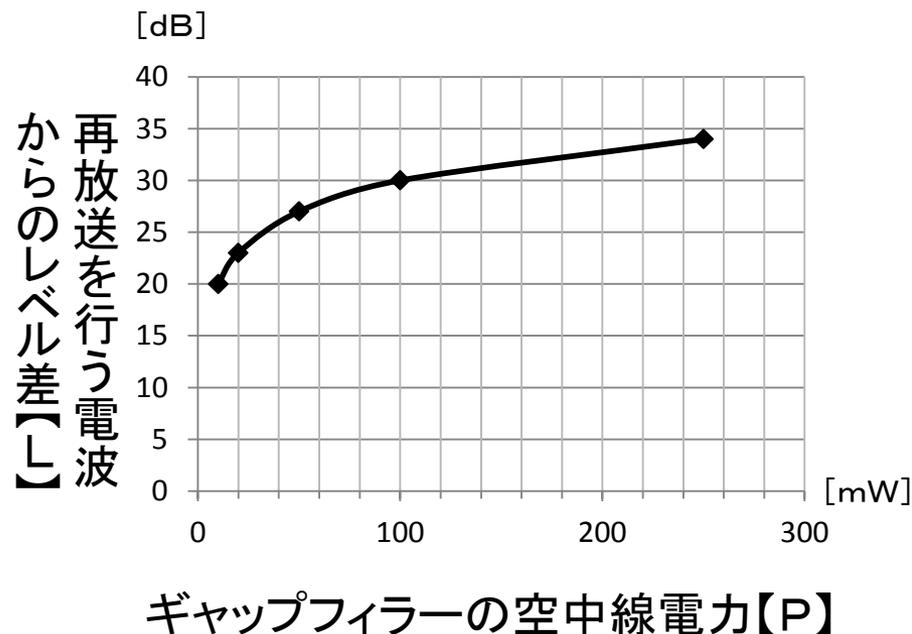
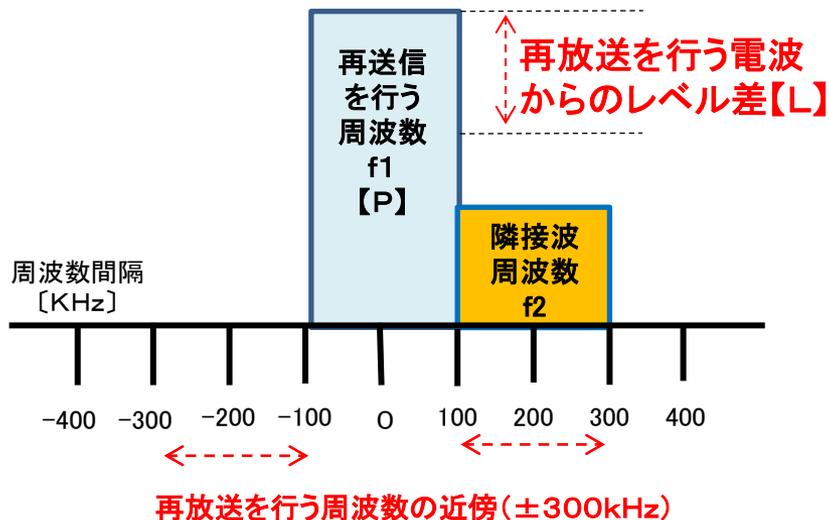
帯域外領域	$\pm 500\text{kHz}$ 未満	$100\mu\text{W}$
スプリアス領域	$\pm 500\text{kHz}$ 以上	$25\mu\text{W}$

ギャップフィルターの受信点の条件

再放送を行う放送波の近傍 ($\pm 300\text{kHz}$ 以内)にある電波は、再放送を行う電波から右表のレベル差を差引いたものより低いこと

例

ギャップフィルターの空中線電力

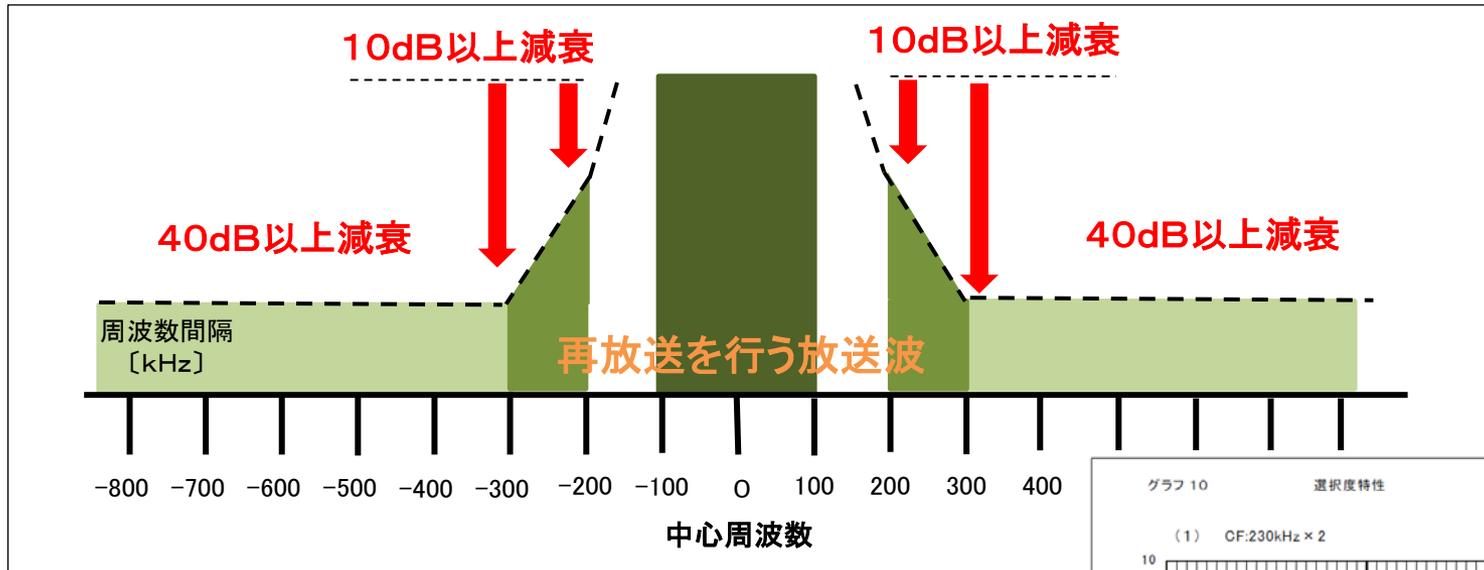


この条件を確保することが困難な場合は、再放送を行わないこと

ギャップフィルターの受信設備の条件

受信設備に関する条件

ギャップフィルターの受信電力から不要な隣接チャンネルの電波を排除するよう、次の帯域外減衰量を確保すること。

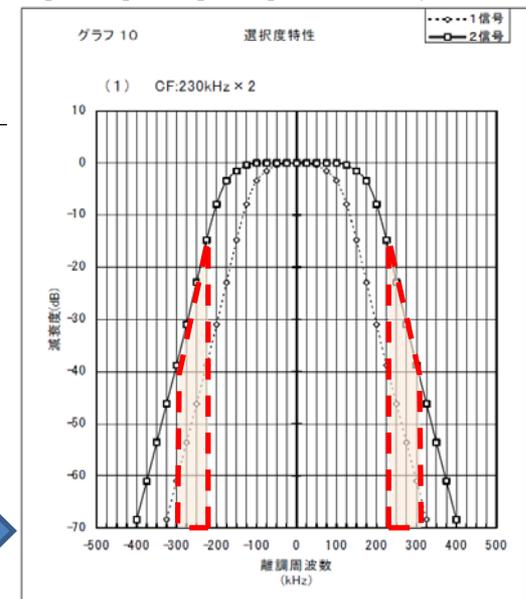


再放送を行う放送波の中心周波数からの周波数差	再放送を行う放送波の電波のレベルからの減衰量
±200kHz以上	10dB以上
±200kHz超、±300kHz以下	※
±300kHz超	40dB以上

※ 減衰量[dB] = $0.3 \times | \text{周波数差} | [\text{kHz}] - 50$

参考

(ARIB-TR B11 P. 28 「セラミックフィルタ」の特性値
「FM放送評価用受信機における設計マニュアル」)



放送帯域内における他の放送局からの混信保護条件

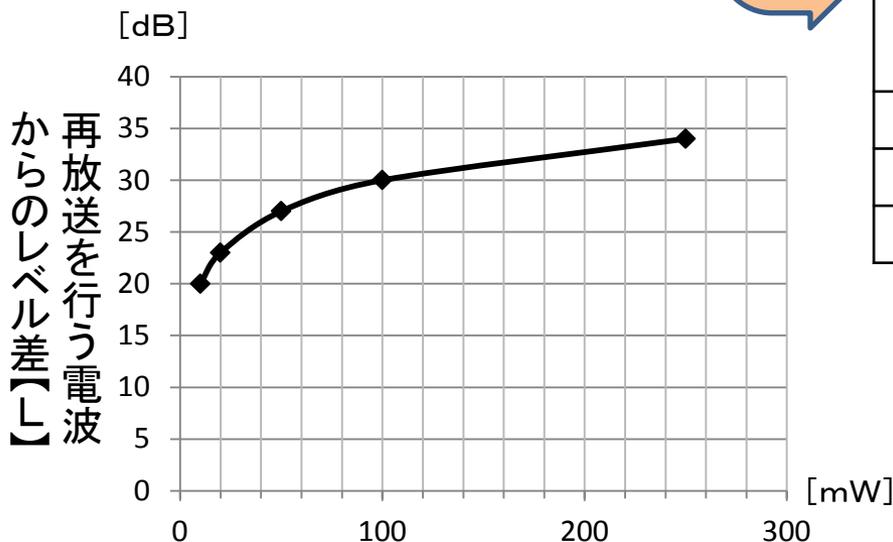
3 自局が再放送を行う電波毎の受信電界強度値とこれに隣接する他の放送局の電波の電界強度値とが、次の混信保護条件(GF受信点における被干渉)を満足すること

周波数差	混信保護条件
100kHz超、200kHz未満	再放送を行う電波から下表①のレベル差を差引いたものより低いこと
200kHz以上、300kHz未満	再放送を行う電波から下表①のレベル差-10dBを差引いたものより低いこと
300kHz以上、400kHz未満	再放送を行う電波から下表①のレベル差-40dBを差引いたものより低いこと



規定例

周波数差	混信保護比	
	10mW	250mW
100kHz超、200kHz未満	20dB	34dB
200kHz以上、300kHz未満	10dB	24dB
300kHz以上、400kHz未満	-20dB	-6dB



ギャップフィルターの空中線電力【P】

表① 空中線電力と隣接レベル

【参考】現行規定

周波数差	混信保護比
0kHz	36dB
100kHz	33dB
200kHz	7dB
300kHz	-10dB
400kHz	-25dB