

FMのギャップフィラーの回線設計について

平成27年1月27日
ギャップフィラー作業班

1. ラジオ受信機の受信条件の検討

平成10年度 電気通信技術審議会 答申

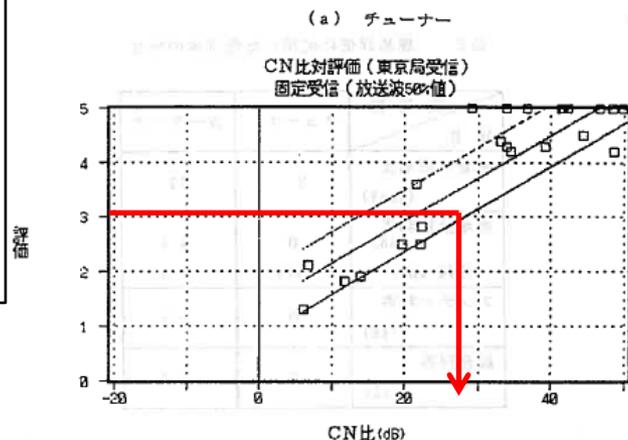
「諮問第92号 FM放送局の置局に関する技術的条件(別紙1) FM放送評価用の受信機及び受信空中線の新規格」に、検討結果が示されている。

この内、ラジオ受信機で電界強度が弱い地域を想定するとS/N=30dBを得るには15 μ V以下(75 Ω 開放端)を受信できる感度が必要。都市雑音が無いと想定すれば、13 μ V/mの放送波があれば受信可能ということであるが、実際には都市雑音を含んだ検討が必要であり、同答申では、参考資料3別紙4にて検討が行われている。

検討結果としては、右下のグラフのように主観評価3を得るにはC/N=約26dB必要としており、雑音電界強度が23dB μ V/m(100地点の平均)あると、放送波の電界強度が49dB μ V/m程度(0.28mV/m)必要との見解が示されている。

FM放送評価用の受信機及び受信空中線の新規格

I 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 75 Ω 不平衡
3 中間周波数	10.7MHz
4 局部発振周波数	マイナス側
5 局部発振周波数の漂動	10kHz以内
6 -3dBリミティング感度	20dB μ V以下
7 感度差	3dB以内
8 実効選択度特性	± 200 kHz : -5dB ± 400 kHz : -45dB
9 信号対雑音比を規定したときの 所要最小入力	15dB μ V以下 30dB感度 45dB感度 50dB感度 50dBステレオ感度
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-60dB(mW)のとき -30dB以下(目標値-50dB以下)
12 RF相互変調妨害比	± 400 kHz : 52dB以上 ± 800 kHz : 55dB以上
13 キャプチャレシオ	2dB



2. 空中線電力算定のための検討方針

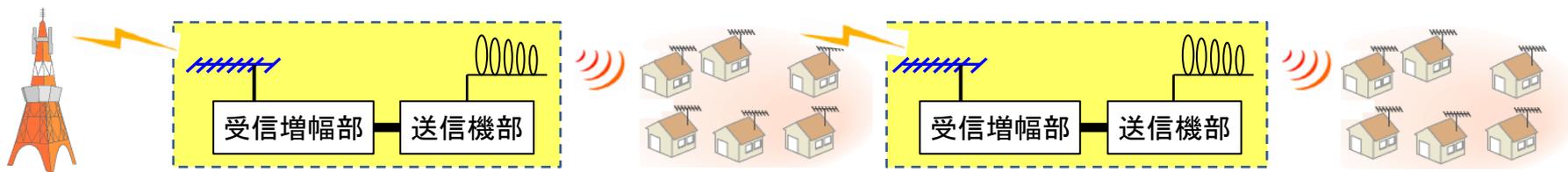
回線設計において空中線電力を算定するにあたっては、

- 1 ギャップフィルターの利用形態を農作業、水産作業時など移動速度が比較的緩やかな場合やほとんど移動しないことが想定される。受信高を1mとして規格化された受信機モデルで回線設計を行う。
- 2 ラジオ受信機において主観評価3以上で聴取可能な電界強度を $48\text{dB } \mu\text{V}/\text{m}$ として検討する。
- 3 放送区域内の雑音が比較的大きく、地形等による難聴も想定される中核都市の放送区域の確保に必要な電界強度 $60\text{dB } \mu\text{V}/\text{m}$ ※を検討する。

※ $60\text{dB } \mu\text{V}/\text{m}$ の放送区域が必要な地域

立川市、昭島市、青梅市、町田市、小金井市、小平市、日野市、東村山市、国分寺市、国立市、西東京市、など、全330都市

- 4 高雑音地域である首都圏、大阪市、名古屋市など大都市部の放送区域に必要な電界強度は $74\text{dB } \mu\text{V}/\text{m}$ 、 $70\text{dB } \mu\text{V}/\text{m}$ 、 $66\text{dB } \mu\text{V}/\text{m}$ と大きいですが、送信点を複数置局できるギャップフィルターの特性を活用し、放送区域を半径1km以下と狭くして必要とする電界強度を確保するものとする。
- 5 回線設計はギャップフィルターで無線中継を行い、2段までの中継を検討する。放送エリアは山間部では最大1km程度、都市部では500m程度のエリアを目安とした。



2. 空中線電力算定のための検討方針

6. ギャップフィルターの置局において、難聴地域が多いと想定される山間部では、山あいには細長く集落があるケースが多く、地上デジタル放送用ギャップフィルターでは、比較的半値角の広い指向性アンテナを使用するケースが多い。このため、ラジオのギャップフィルターにおいても利用形態に即した送信空中線として指向性アンテナ(八木式3素子)で検討を行うこととする。
また、送信空中線高については山間部では10m、都市部では遮蔽物などの影響を考え15mとする。
7. ギャップフィルター受信点は難聴地域の近傍に設置されることが想定されることから、FM放送局の放送区域のフリンジエリアでの高利得アンテナによる受信を想定することとした。
8. 外来雑音強度
山間部の都市雑音の影響については、
ITU-R Rec P.372-9における 郊外の[都市雑音(Residential)−102.5dBm/200KHz]
都市部の都市雑音については、
ITU-R Rec P.372-9における 郊外の[都市雑音(City)−98.2dBm/200KHz]
を適応する。
9. 受信端末は平成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(別紙1)」にあるラジオ受信機とし、受信空中線利得を0dBdとする。

3. 回線設計

山間部回線設計

※90MHz

中継局設備分

	受信波の中継段数等	—	中継局 (1段目)	中継局 (2段目)	中継局 (1段目)	中継局 (2段目)	
1	受信信号のCN比	dB	48.00	34.69	48.00	34.69	基幹放送局の送信信号のSN比は55dB以上(モノラル100%変調)から、FM変調による改善度をステレオ70%変調で考えると7.4dBの改善となるが、CN比に置き換えると47.6dB以上となり、これを切り上げて48dBとした。
2	受信電界強度	dB μ V/m	48.0	48.0	48.0	48.0	フリンジエリア48dB μ /mエリアで受信を想定
3	フェージング損失	dB	3.0	0.0	3.0	0.0	送信局→中継局(1段目) ITU-R Rec P.1546-2より [100MHz、送信高150m、送受信間距離50km、50%→99%] 中継局(1段目)→中継局(2段目) ITU-R Rec P.1546-2より [100MHz、送信高10m、送受信間距離1km、50%→99%]
4	受信空中線利得	dBd	5.5	5.5	5.5	5.5	八木式5素子アンテナ
5	フィーダ損失	dB	0.6	0.6	0.6	0.6	ケーブルロス(S5CFB 10m)
6	受信電力	dBm	-64.4	-61.4	-64.4	-61.4	
7	前置増幅器雑音指数	dB	3.0	3.0	3.0	3.0	プリアンプ雑音指数
8	中継機雑音電力: Nr	dBm	-117.8	-117.8	-117.8	-117.8	kBT _o *NF (K:ボルツマン定数、B:200KHz、T _o :300k)
9	外来雑音電力: No	dBm	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	ITU-R Rec P.372-9より 郊外の[都市雑音(Residential) -102.5dBm/200KHzを適用]
10	上位局信号の雑音電力	dBm	-109.4	-93.1	-109.4	-93.1	(6)-(1)
11	全受信雑音電力	dBm	-99.5	-92.3	-99.5	-92.3	(8)+(9)+(10)
12	中継機入力CN比	dB	35.1	30.9	35.1	30.9	(6)-(11)
13	中継機単体のCN比	dB	45.0	45.0	45.0	45.0	
14	送信出力信号のCN比	dB	34.7	30.7	34.7	30.7	(12)+(13)
電波伝搬路			500m地点		1,000m地点		
15	送信機出力	mW	15.8	15.8	250.0	250.0	
16	送信空中線利得	dBd	3.5	3.5	3.5	3.5	指向性アンテナ(八木式3素子)
17	ERP	mW	35.4	35.4	559.7	559.7	(15)*(16)
18	伝搬損失	dB	76.0	76.0	88.0	88.0	平面大地反射モデル(送信空中線高10m、受信空中線高4m)で500mと1000m地点での減衰量
19	受信空中線入力電力	dBm	-58.4	-58.4	-58.4	-58.4	
20	電界強度	dB μ V/m	58.0	58.0	58.0	58.0	地上高4m
受信端末							
21	受信電界強度	dB μ V/m	58.0	58.0	58.0	58.0	放送エリア(アンテナ高4m)
22	フェージング損失	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	ITU-R Rec P.1546-2より [100MHz、送信高10m、送受信間距離1km、50%→99%]
23	地上高1.0m換算	dB	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	技術実証実験よりアンテナ高4m⇒1mの換算値を-10dBとした
24	地上高1.0mでの電界強度	dB μ V/m	48.0	48.0	48.0	48.0	(24)=(21)+(23)

ラジオ受信機の受信点において48dB μ V/mの電界強度を得る条件で空中線電力の検討を行った。
放送区域1,000m(アンテナ高1m、48dB μ V/m)を確保するには、空中線電力250mWが必要。

3. 回線設計

中核都市部回線設計

※90MHz

中継局設備分

	受信波の中継段数等	—	中継局 (1段目)	中継局 (2段目)	中継局 (1段目)	中継局 (2段目)	
1	受信信号のCN比	dB	48.00	39.60	48.00	39.60	基幹放送局の送信信号のSN比は55dB以上(モノラル100%変調)から、FM変調による改善度をステレオ70%変調で考えると7.4dBの改善となるが、CN比に置き換えると47.6dB以上となり、これを切り上げて48dBとした。
2	受信電界強度	dB μ V/m	60.0	60.0	60.0	60.0	フリンジエリア60dB μ /mエリアで受信を想定
3	フェージング損失	dB	3.0	0.0	3.0	0.0	送信局→中継局(1段目) ITU-R Rec P.1546-2より [100MHz、送信高150m、送受信間距離50km、50%→99%] 中継局(1段目)→中継局(2段目) ITU-R Rec P.1546-2より [100MHz、送信高10m、送受信間距離1km、50%→99%]
4	フェージング時の電界	dB μ V/m	57.0	60.0	57.0	60.0	(4)-(2)-(3)
4	受信空中線利得	dBd	5.5	5.5	5.5	5.5	八木式5素子アンテナ
6	λ / π	dB	0.5	0.5	0.5	0.5	
5	フィーダ損失	dB	0.6	0.6	0.6	0.6	ケーブルロス(S5CFB 10m)
8	終端補正值	dB	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	
9	終端電圧	dB μ V	56.4	59.4	56.4	59.4	(9)=(4)+(5)+(6)-(7)+(8)
10	dBm換算値	dB	-108.8	-108.8	-108.8	-108.8	
6	受信電力	dBm	-52.4	-49.4	-52.4	-49.4	
12	ボルツマン定数:K		1.4E-23	1.4E-23	1.4E-23	1.4E-23	
13	帯域幅:B	Hz	2.0E+05	2.0E+05	2.0E+05	2.0E+05	
14	地上温度	k	300.0	300.0	300.0	300.0	To
7	前置増幅器雑音指数	dB	3.0	3.0	3.0	3.0	プリアンプ雑音指数
8	中継機雑音電力:Nr	dBm	-117.8	-117.8	-117.8	-117.8	kBT _o *NF (K:ボルツマン定数、B:200KHz、To:300k)
9	外来雑音電力:No	dBm	-95.7	-95.7	-95.7	-95.7	ITU-R Rec P.372-9より 郊外の[都市雑音(City) -98.15dBm/200KHzを適用]
10	上位局信号の雑音電力	dBm	-97.4	-86.0	-97.4	-86.0	(6)-(1)
11	全受信雑音電力	dBm	-93.5	-85.5	-93.5	-85.5	(8)+(9)+(10)
12	中継機入力CN比	dB	41.1	36.2	41.1	36.2	(6)-(11)
13	中継機単体のCN比	dB	45.0	45.0	45.0	45.0	
14	送信出力信号のCN比	dB	39.6	35.6	39.6	35.6	(12)+(13)
電波伝搬路			500m地点		610m地点		
15	送信機出力	mW	110.0	110.0	250.0	250.0	
16	送信空中線利得	dBd	3.5	3.5	3.5	3.5	指向性アンテナ(八木式3素子)
17	ERP	mW	246.3	246.3	559.7	559.7	(15)*(16)
18	伝搬損失	dB	72.5	72.5	76.0	76.0	平面大地反射モデル(送信空中線高15m、受信空中線高4m)で500mと610m地点での減衰量
19	受信空中線入力電力	dBm	-46.4	-46.4	-46.4	-46.4	
20	電界強度	dB μ V/m	70.0	70.0	70.0	70.0	地上高4m
受信端末							
21	受信電界強度	dB μ V/m	70.0	70.0	70.0	70.0	放送エリア(アンテナ高4m)
22	フェージング損失	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	ITU-R Rec P.1546-2より [100MHz、送信高10m、送受信間距離1km、50%→99%]
23	地上高1.0m換算	dB	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	技術実証実験よりアンテナ高4m⇒1mの換算値を-10dBとした
24	地上高1.0mでの電界強度	dB μ V/m	60.0	60.0	60.0	60.0	(24)=(21)+(23)

ラジオ受信機の受信点において60dB μ V/mの電界強度を得る条件で空中線電力の検討を行った。
放送区域1,000m(アンテナ高1m、60dB μ V/m)は250mWでは確保できないが、約500mの放送区域の確保が可能であるので、空中線電力を最大250mWとする。

7. GFの技術的条件(案)

1 空中線電力

直列に2段のギャップファイラーにより難聴対策を行うことを最悪条件とし、受信高1mにおいて回線が構成可能な250mWを最大値としてはどうか。

放送区域の確保に必要な電界強度が60dB μ V/m以上の地域については、空中線電力の上限を250mWとし、放送区域を複数の送信点の配置により緻密に電波を発射することにより難聴地域を解消する方法を採用してはどうか。

2 周波数安定度及び電波の遅延時間

ギャップファイラーの放送区域が重ならない場合は2Hz以内とし、遅延時間差を20 μ 秒以下としてはどうか。

放送区域が重なる場合は完全同期となるように搬送波の安定度を向上させ、その遅延時間差を20 μ 秒以下としてはどうか

なお、MFNの場合は、FM放送と同じ搬送波に対し20ppm以内としてはどうか。

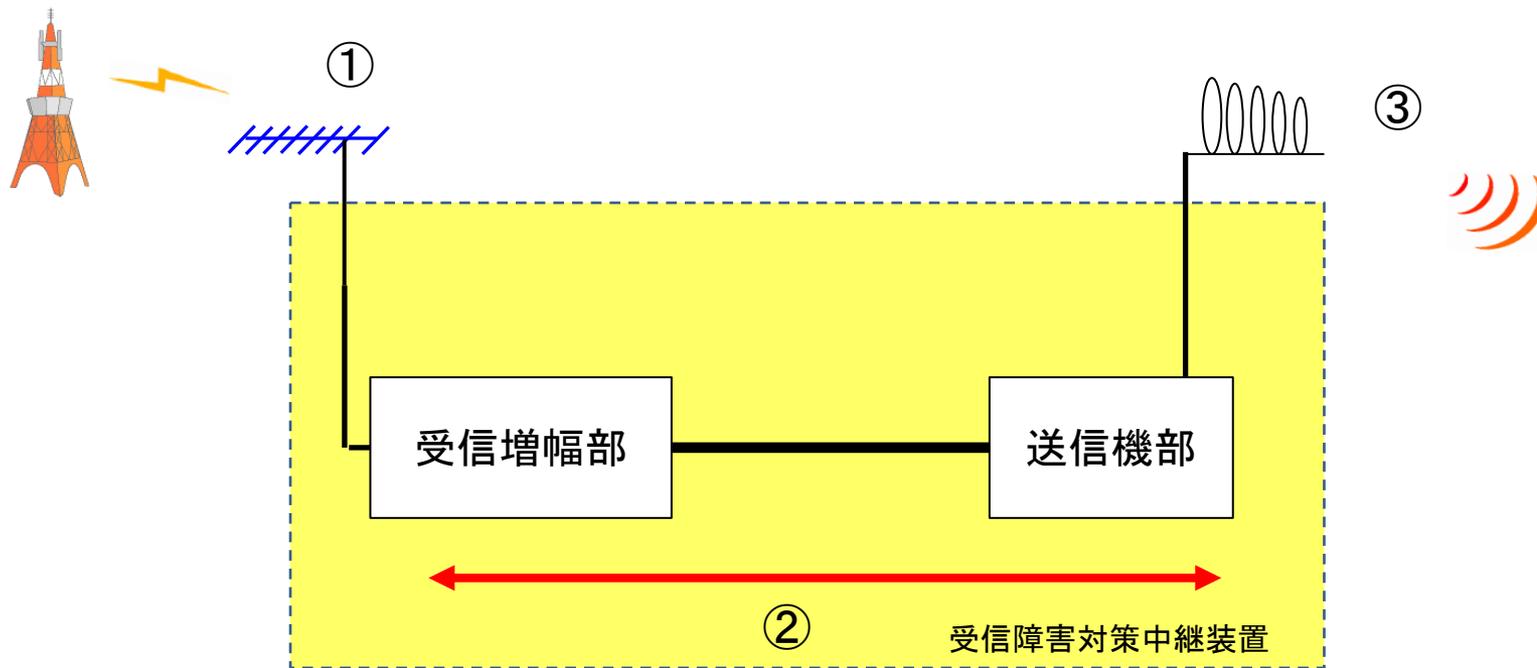
3 占有周波数帯幅

FM放送を再送信することから、FM放送の占有周波数帯幅と同じ200kHzとしてはどうか。

4 空中線電力の許容偏差

空中線電力が250mW以下と小さいので、その偏差を $\pm 50\%$ 以内としてはどうか。

8. GFの性能規定点における技術的条件(案)



- ①については、電界強度 $48\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 以上の地点において受信を行うこと
- ②については、受信障害対策中継装置単体のC/Nは 45dB 以上であること
- ③については、空中線電力 250mW を上限とすること

受信高4mと1mのレベル差
 実測値 電界強度(dB μ V/m)

地点	送信点1のみ送信した場合			送信点2のみ送信した場合			送信点1及び2を送信した場合		
	実測値			実測値			実測値		
	アンテナ高:4m	アンテナ高:1m	レベル差(dB)	アンテナ高:4m	アンテナ高:1m	レベル差(dB)	アンテナ高:4m	アンテナ高:1m	レベル差(dB)
1	55.3	45.7	9.6	54.6	41.9	12.7	56.7	47.1	9.6
2	52.1	40.5	11.7	54.7	43.7	11.0	55.2	43.2	12.0
3	58.0	47.0	10.9	57.3	47.2	10.1	58.2	47.6	10.6
4	40.2	31.9	8.3	100.2	94.7	5.5	100.1	94.7	5.5
5	89.2	88.5	0.7	51.6	38.7	12.9	88.3	88.5	-0.3
6	35.4	26.0	9.4	75.7	64.1	11.6	75.4	64.1	11.3
7	43.4	30.7	12.7	78.2	63.9	14.3	78.2	64.1	14.1
8	47.6	40.6	7.1	71.4	58.0	13.4	71.4	58.5	12.9
9	52.3	37.4	14.9	57.6	50.6	7.0	57.3	51.0	6.3
10	48.2	35.1	13.1	56.8	43.8	13.0	56.5	43.5	13.0
11	62.6	48.0	14.6	42.8	24.1	18.6	62.5	47.8	14.7
12	77.2	60.9	16.3	49.9	37.4	12.5	77.6	61.7	15.9
13	53.5	38.0	15.5	54.0	40.6	13.4	53.7	41.1	12.6
14	65.5	53.1	12.5	51.1	38.5	12.6	65.6	53.0	12.6
15	44.0	33.7	10.3	41.4	28.5	12.8	36.6	31.2	5.3
16	48.6	37.5	11.1	56.5	43.2	13.3	53.4	40.3	13.1
17	55.4	43.5	11.9	47.5	34.3	13.1	56.1	41.6	14.6
18	36.1	26.7	9.4	39.9	27.0	12.9	41.4	30.6	10.8
19	44.0	39.5	4.5	37.5	32.4	5.1	43.9	40.8	3.1
20	46.9	33.4	13.6	36.5	22.8	13.7	44.6	31.3	13.4
21	28.2	15.1	13.1	25.4	25.5	-0.1	30.5	25.6	4.9
22	52.3	44.6	7.7	37.8	23.9	13.9	52.1	45.2	6.9
23	39.0	28.9	10.1	27.4	19.7	7.6	38.4	26.8	11.6
24	22.3	16.3	6.0	32.1	28.4	3.6	31.1	28.4	2.8
25	25.5	16.1	9.4	33.5	23.2	10.3	31.8	25.7	6.1
26	10.7	ノイズフロア以下		31.8	21.0	10.8	32.1	20.2	12.0
27	19.6	ノイズフロア以下		37.3	23.2	14.1	37.7	21.8	15.9
28	31.9	22.2	9.6	43.6	41.4	2.2	45.0	40.8	4.2
29	30.7	19.7	11.0	15.3	12.9	2.4	30.1	21.2	8.9
30	41.6	30.6	10.9	29.6	21.6	8.0	42.6	28.7	14.0
		Max.	16.3		Max.	18.6		Max.	15.9
		Min	0.7		Min	-0.1		Min	-0.3
		Ave.	10.6		Ave.	10.4		Ave.	9.9