

## ギャップフィルターの実験結果 について

資料 2 - 4 - 1 建造物遮へい対策中継局フィールド試験の中間報告 ((独)情報通信研究機構)

資料 2 - 4 - 2 D-D混信対策用ギャップフィルターの実験結果 (抜粋)  
((社)電波産業会)

# 建造物遮へい対策中継局 フィールド試験の中間報告

(独)情報通信研究機構

太田弘毅

2007年10月30日

# 回り込み対策評価試験

- 試験目的

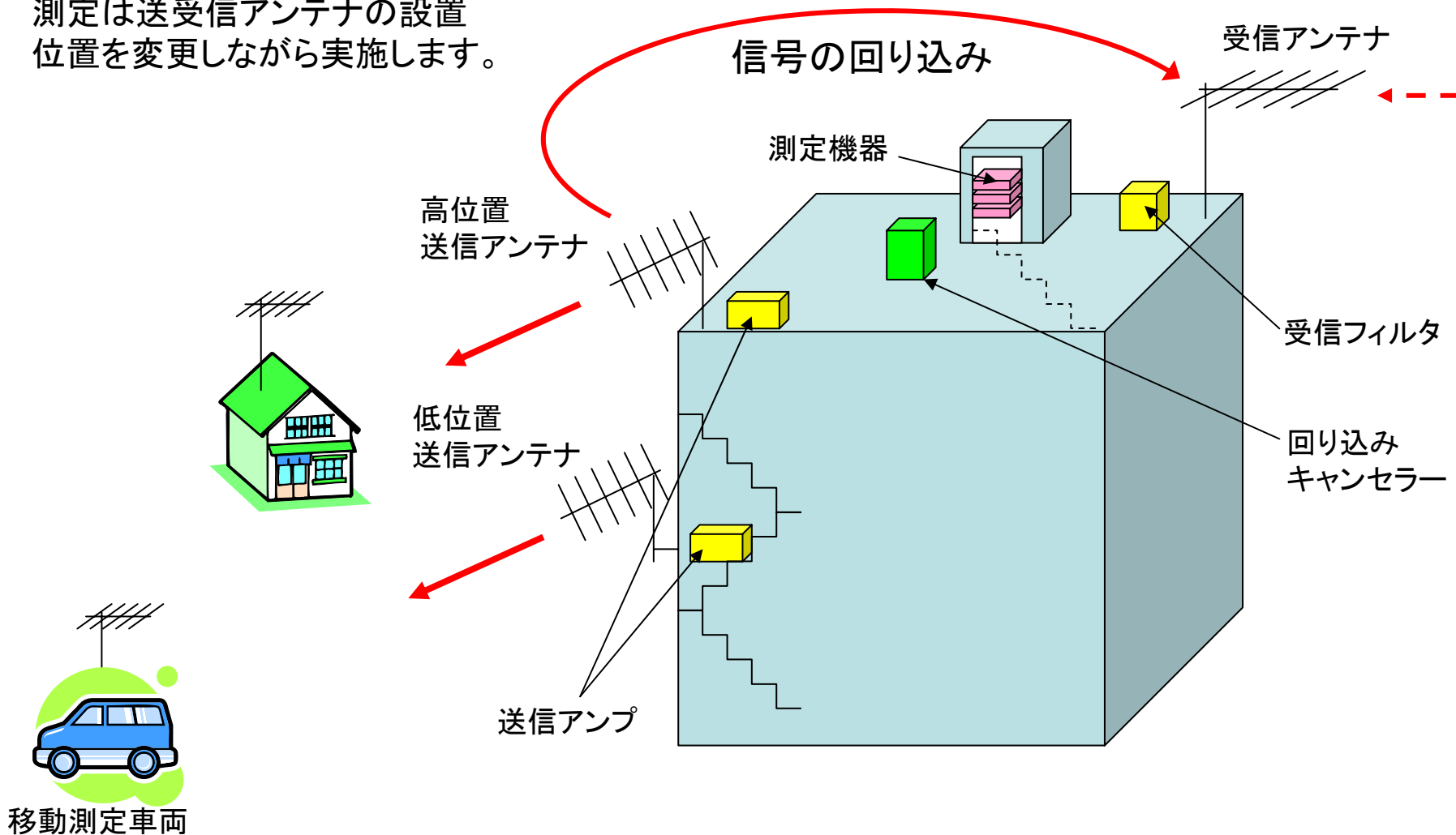
- 偏波面効果の評価、アンテナ配置と回り込みの測定評価、キャンセラーの効果の評価を行い、中継局設置技術に反映する。

- 実施内容

- 送受信間の距離と回り込み量に関する評価
- 受信アンテナと送信アンテナの設置条件による特性の評価
- 送受信アンテナの偏波面利用の効果検証
- 回り込みキャンセラーの評価
- 周囲の反射の影響の評価
- フェージングマージンの評価（マルチパス、日変動、瞬時変動、気象変動の想定）

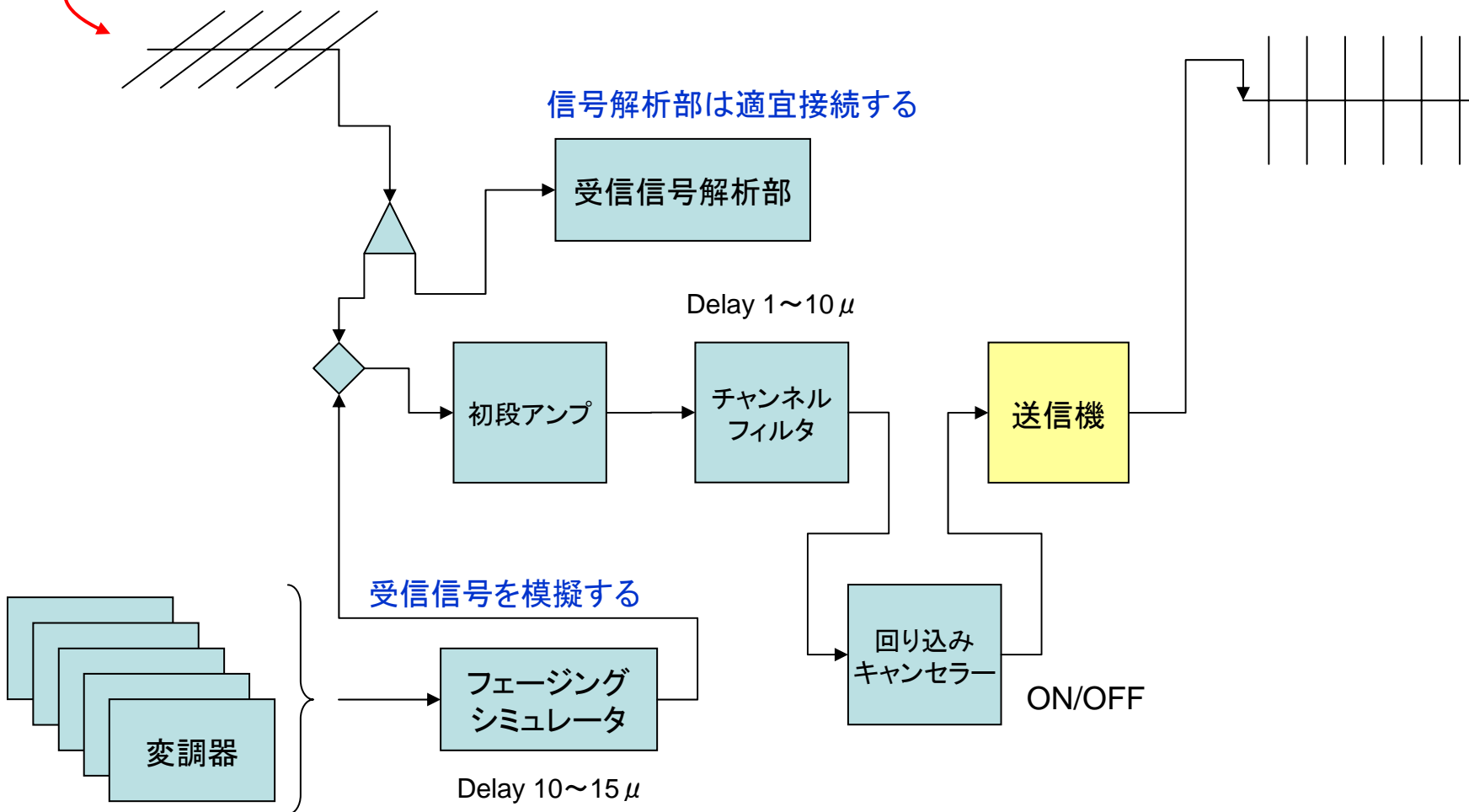
# 空きチャンネルでの回り込み試験 機器構成のイメージ

測定は送受信アンテナの設置位置を変更しながら実施します。



# 空きチャンネルでの回り込み試験構成

送信アンテナからの回り込みを詳細に観測する。

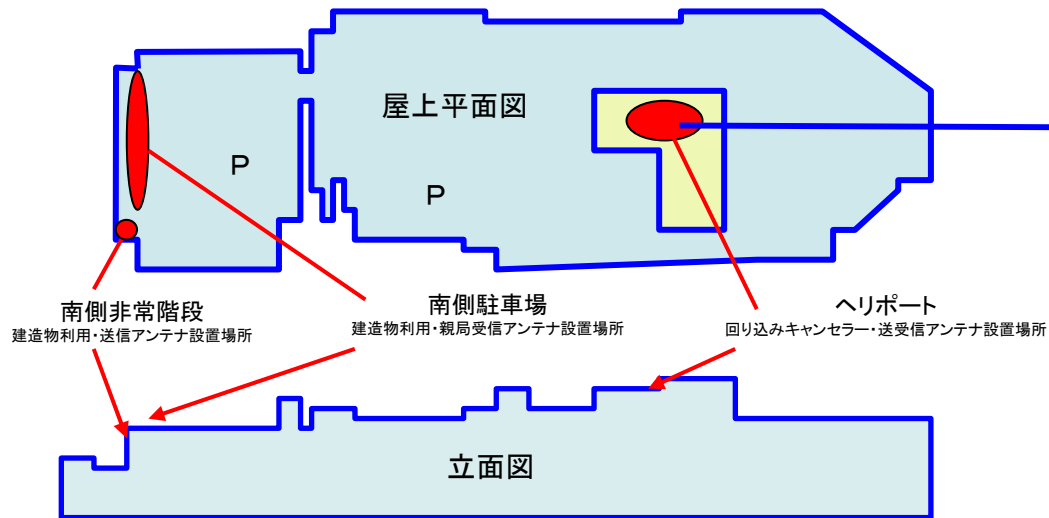


# 回り込み評価

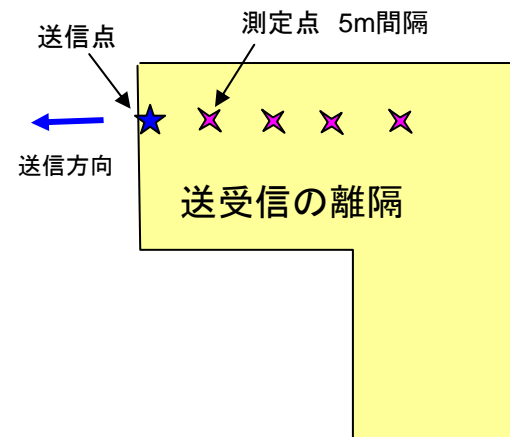
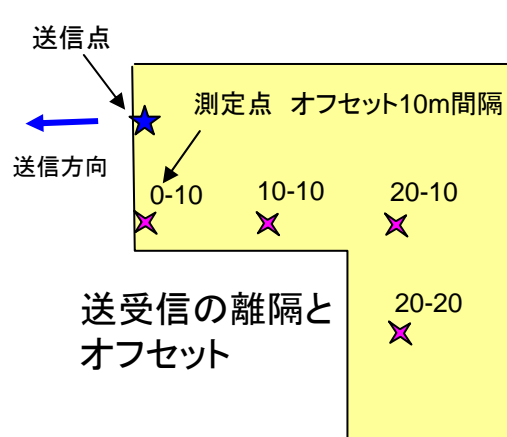
- ハイパターン測定
  - 交差偏波効果を検証
  - 屋上床の反射を検証
- 反射波の計測
  - 既知の反射面を設定
  - 反射の影響の評価
- 建造物によるしゃへい(一部測定中)
- 回り込みキャンセラーの効果検証(測定中)

# ハイトパターン測定

## 交差偏波効果、屋上床の反射を検証



横浜ワールドポーターズ



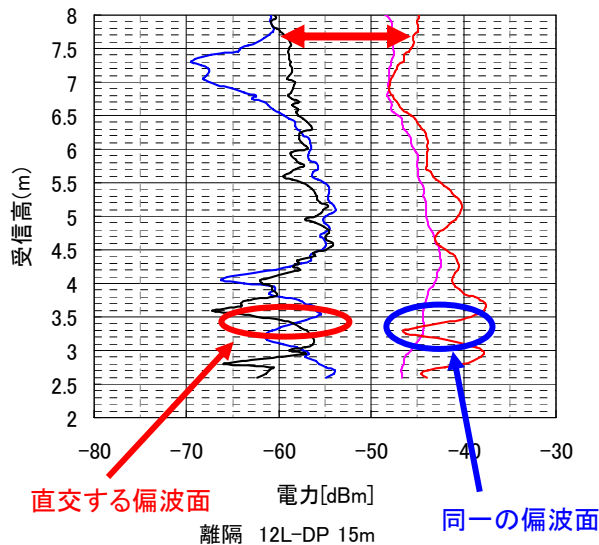
# 交差偏波の測定結果

## 送受信アンテナの離隔による受信電力特性

— 12LV-DPH  
— 12LV-DPV  
— 12LH-DPH  
— 12LH-DPV

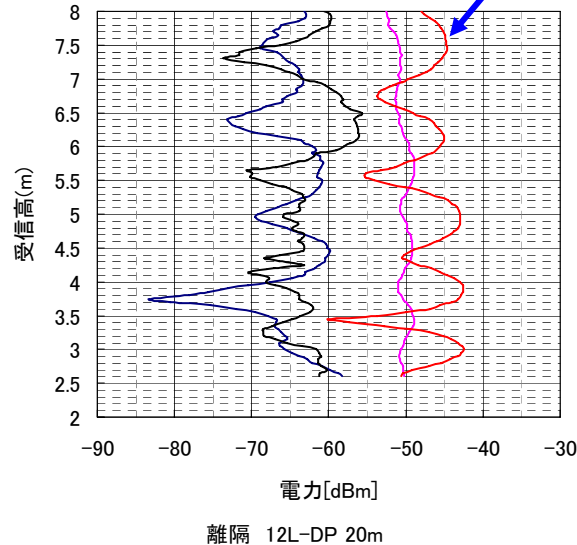
離隔 12L-DP 5m

10dB程度の差



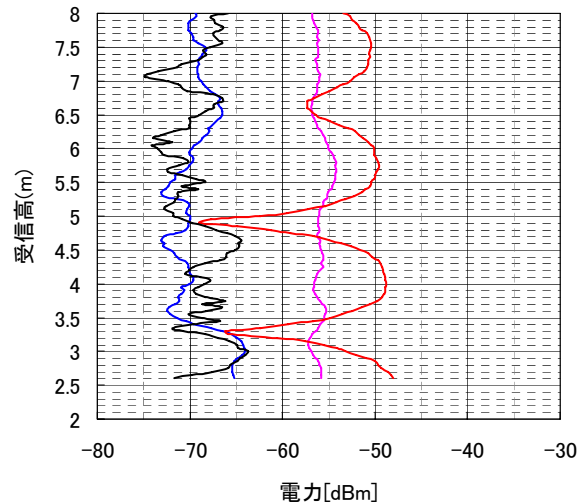
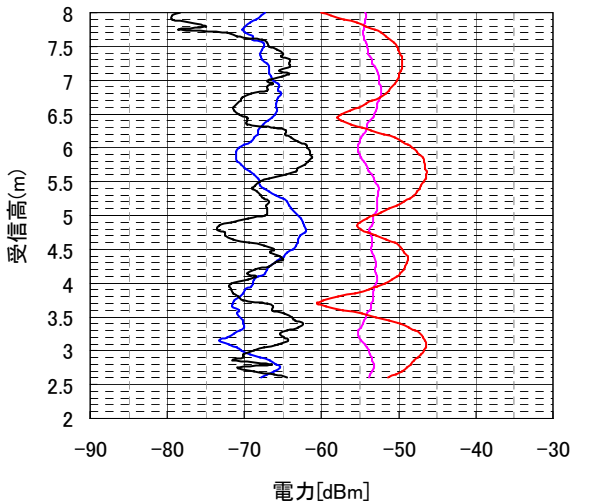
離隔 12L-DP 10m

水平偏波は床反射が顕著



離隔 12L-DP 15m

離隔 12L-DP 20m



### 測定条件

送信 12素子リングアンテナ(12L)  
 受信 ダイポールアンテナ(DP)  
 受信は送信アンテナ方向  
 送信アンテナ高 4m  
 受信アンテナ高 4m  
 送受信アンテナ間を5m、10m、15m、20m  
 の離隔距離で測定  
 送受信の偏波面の組み合わせを測定

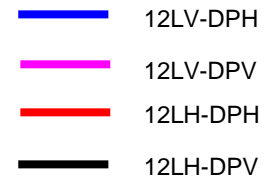
### 測定の結果

- 交差偏波
  - 交差偏波の効果として10dB以上の利得の差があった。
  - 受信アンテナのFB比により更に利得差が大きくなる。
- 床面の反射
  - 水平偏波において床反射の影響が観測された。
  - 垂直偏波面については反射波は顕著ではない。

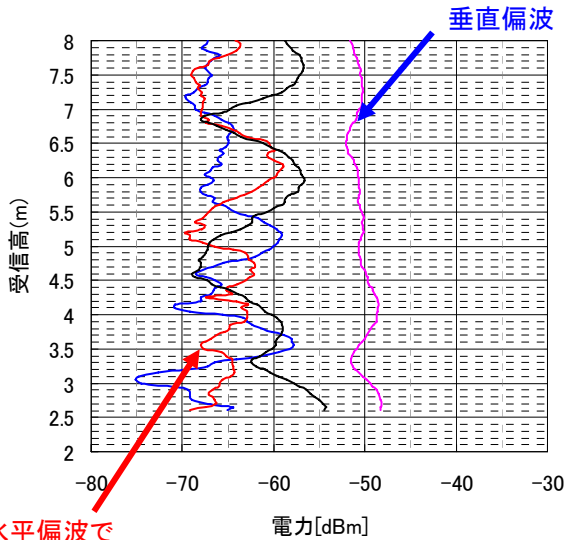


# 交差偏波の測定結果

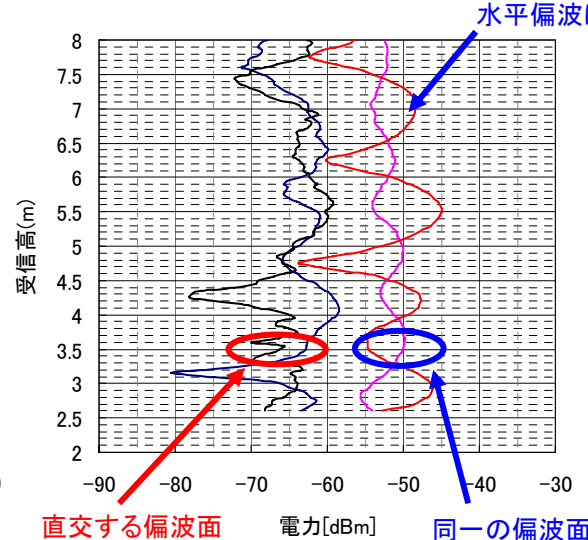
## 送受信アンテナの離隔と水平オフセットによる受信電力特性



Offset 0-10m 12L-DP



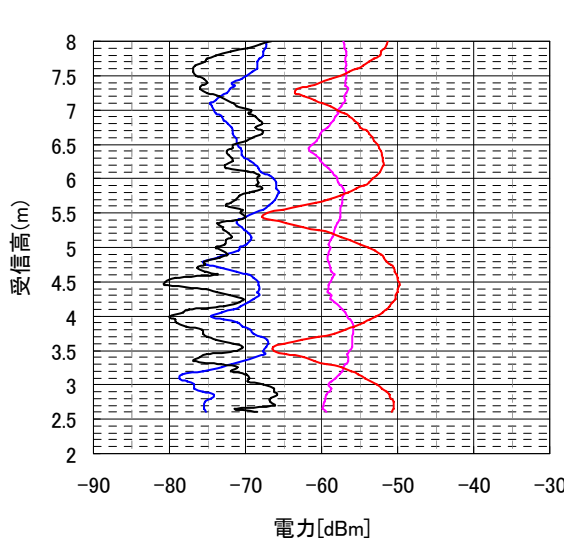
Offset 10-10m 12L-DP



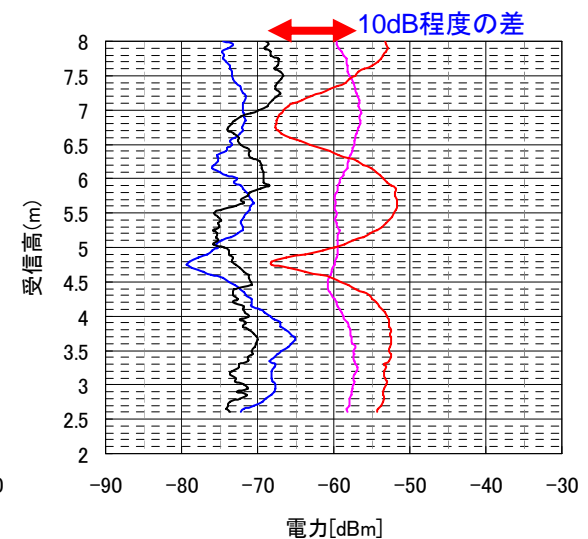
**測定条件**

送信 12素子リングアンテナ(12L)  
 受信 ダイポールアンテナ(DP)  
 受信は送信アンテナ方向  
 送信アンテナ高 4m  
 受信アンテナ高 4m  
 送受信アンテナ間を0m、10m、20mの離隔  
 距離と水平に10m20mのオフセットで測定  
 送受信の偏波面の組み合わせを測定

Offset 20-10m 12L-DP



Offset 20-20m 12L-DP

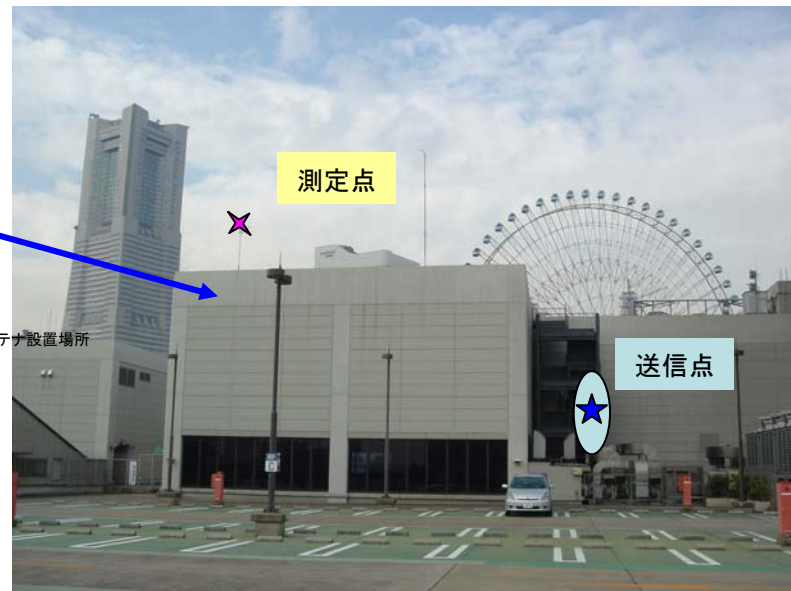
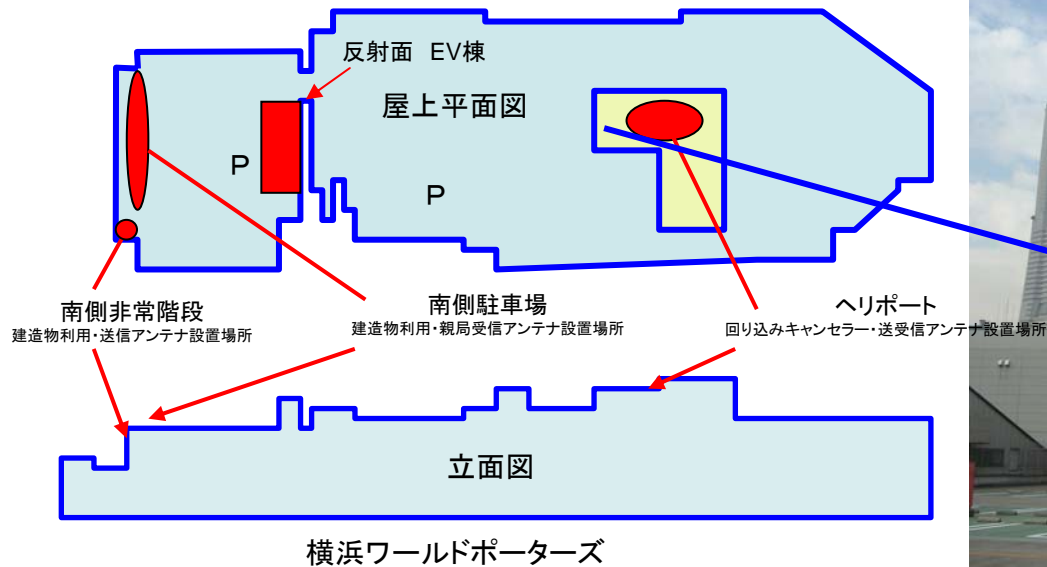


**測定の結果**

- 交差偏波
  - 交差偏波の効果として10dB程度の利得の差があった。
  - 送受信水平でも水平に90度直交すると垂直偏波受信と同様の傾向。
- 床面の反射
  - 直交する垂直偏波も角度がつくと床反射の影響が観測された。
  - 垂直の同一偏波でも角度がつくと床反射の影響が観測された。

# 反射波測定

既知の反射面を設定、反射の影響の評価



# 反射波の測定結果

## 測定結果

- 帯域内電力
  - 偏波面効果、FB比で20dBの利得差になった。
  - 送信アンテナ高の影響は大きくない。

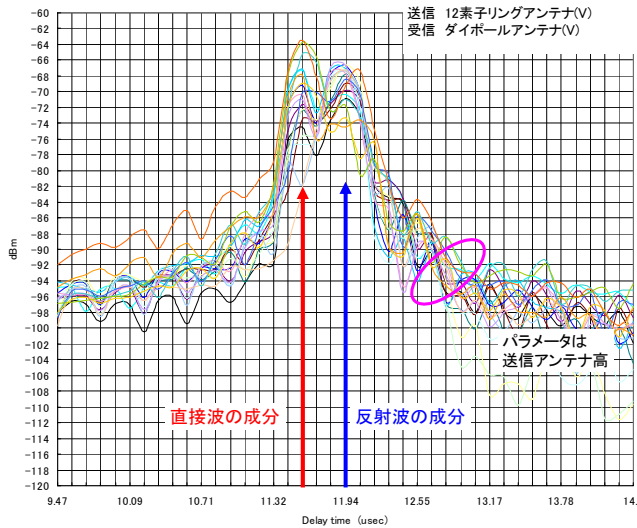
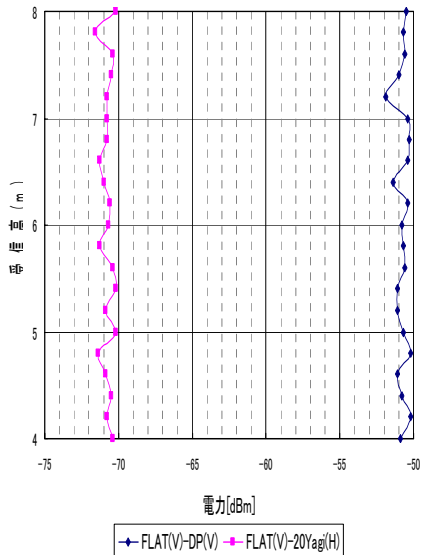
## 測定条件

送信 平面アンテナ(0度方向)V偏波  
 受信 ダイポールアンテナ(0度方向)V偏波  
 送受信アンテナは見通し外に配置  
 送信を反射面方向に設定  
 直接の漏れ成分と反射波成分を観測  
 反射面までの距離は約80m  
 送信機出力10mW(UHF13ch)

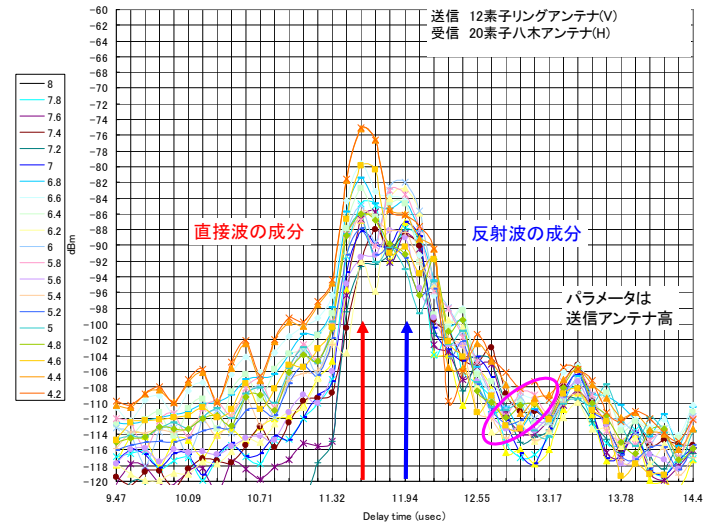
## 測定条件

送信 平面アンテナ(0度方向)V偏波  
 受信 20素子八木(180度方向)H偏波  
 送受信アンテナは見通し外に配置  
 送信を反射面方向に設定  
 直接の漏れ成分と反射波成分を観測  
 反射面までの距離は約80m  
 送信機出力10mW(UHF13ch)

ハイトパターン



遅延プロフィール



遅延プロフィール

見通し外の直接波に対し、送信ビーム方向の反射点での反射波の電力は大きくない。  
 反射波の回り込みへの寄与は小さいと考えられる。

# 回りこみ対策のまとめ

- 偏波面効果による利得差、FB比による利得差、反射波強度の測定結果から送受信間が直接見通しでなければ、回り込みの抑圧に寄与できる。
- 建造物の高さ構造を利用した送受信の上下の配置は隔絶の効果が期待できる。(試験継続中)
- 送受信アンテナを見通し内で設置する場合については、キャンセラーの利用が中継機器の運用を安定化すると思われる。(試験継続中)

## D-D混信対策用ギャップフィルターの実験結果（抜粋）

2007. 10. 30 ARIB 難視対策極微小電力システムTG

## 1 フィールド実験、室内実験の概要

## 1.1 フィールド実験

フィールド実験は、実際に SFN 混信による障害の発生している地域で、受信者への妨害などを考慮し、受信者が周辺に存在しない地域を選定して実施した。

フィールドは、下記仁科牧場の家周辺で実施した。

実施場所：静岡県賀茂郡西伊豆町宇久須 仁科牧場の家付近



このフィールドは、静岡局受信エリアであるが、約 30 度の角度差で浜松局が SFN 遅延時間約 314  $\mu$ s 遅れで、D/U が約 10dB 程度で混信している。

ギャップフィルアーでの対策は、被混信波を受信者のアンテナの偏波面効果や指向性で抑え、それにギャップフィルアーのきれいな電波を上乗せして受信できるようにするものである。したがってギャップフィルアーの所要電界強度は、非混信波のレベルに依存する。

このフィールドは、静岡局の電界強度が実測値で 84dB  $\mu$ V/m と非常に高い。このような環境では 10mW 出力のギャップフィルアーではきわめて小範囲の対策しかできない。しかしながら、技術的資料は十分に得られるものと判断し、ここで実験することとした。

また、混信による難視は 15ch、20ch のみで 15ch、17ch、18ch、19ch は浜松と同一チャンネルではないので混信がないが、すべての ch を送信して実験した。

## 1.2 室内実験

フィールド実験に先立ち、現行受像機の性能やギャップフィルアーの必要な電界強度を推定するために、室内実験を実施した。

## 2 室内実験結果(抜粋)

現在市販されている受像機の SFN 混信に対する性能を調べるため、代表的な市販受像機 3 機種について検証した。

### 2.1 受像機の性能

#### 2.1.1 所要 C/N と D-D 混信の所要 D/U

3 機種の受像機の所要 C/N (破綻限界) と D-D 混信の所要 D/U (破綻限界 D/U) は下記のとおりであった。

	所要 C/N 比	所要 D/D 比
受像機 A	18.0dB	17.8dB
受像機 B	18.1dB	17.7dB
受像機 C	17.4dB	17.4dB

表 2.1 受像機の所要 C/N と D-D 混信の所要 D/U

室内実験の測定方法、評価方法は BER による評価ではなく、目視により画像にブロックノイズが発生しない限界で測定した。

## 2.1.2 G I 越えの S F N 波混信特性

ARIB TR-B14 の 9 編 (以後 B-14 と記す) にある「GI 超マスク特性」を調査した。

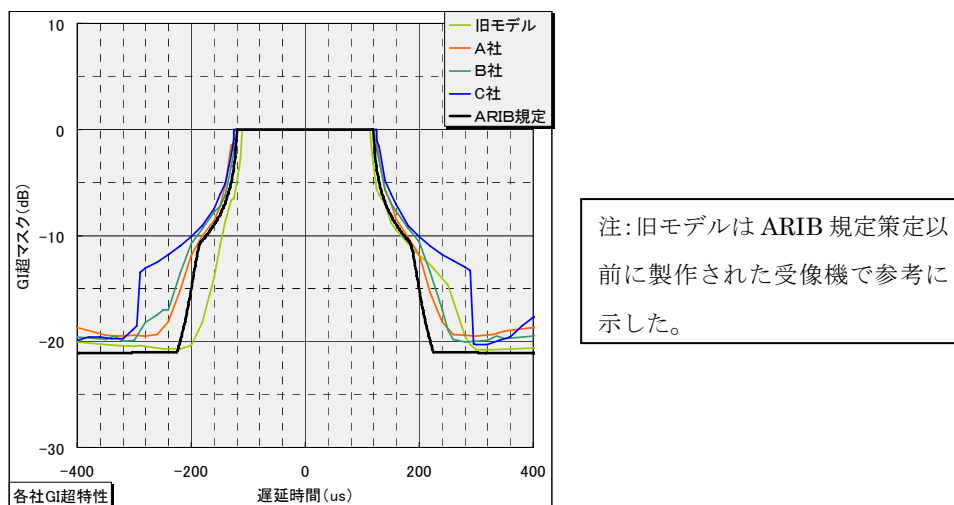


図 2.1 G I 超えマスク特性

図 2.1 のように、各受信機とも B-14 記載の規定を満足している。なお、遅延時間  $120\ \mu\text{s} \sim 300\ \mu\text{s}$  については各社の適応処理によって差が生じていることが判明した。なお、 $300\ \mu\text{s}$  以上については各社ほぼ同じ特性となっている。

## 2.2 不良電力による評価

不良電力については B-14 に詳しく解説されているが、G I 超えマスク特性と SFN 波振幅の dB 差分の電力換算を不良電力と定義し、複数波の混信が有る場合はそれらの不良電力の電力和で取り扱う。ランダム雑音、D-D 混信波などについても所要 DU 比との差分を電力換算して加算する。B-14 では、この加算結果が不良電力  $> 0\text{dB}$  では破綻し、不良電力  $< 0\text{dB}$  では正常受信できるものとされている。

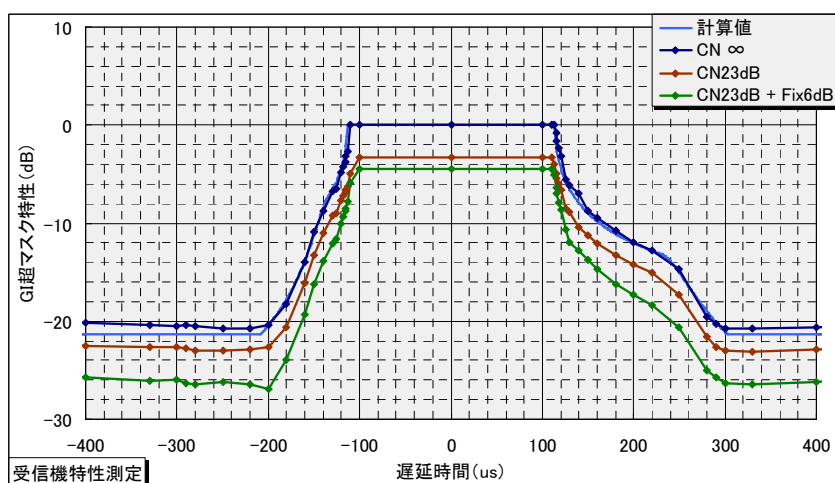


図 2.3 不良電力の加算特性

図 2.3 は C/N23dB の雑音を加えた場合（茶色の測定値）、および更に -6dB の遅延波（20  $\mu$ s）を加えた場合（緑色の測定値）について、受信機の破綻限界を測定した結果である。

これらの結果から不良電力を計算すると、各波の不良電力の総和は 1dB 以内の誤差に収まり、大半は 0.5dB 以内であることが確認できた。

## 2.3 フィールド実験場の環境における回線設計

### 2.3.1 実験フィールドの受信環境

静岡県西伊豆町の実験場の受信環境を表 2.2 に示す。

局名	c h	電界強度 (計算値)	電界強度 (実測値)	遅延時間	方角
静岡教育	1 3	78.7dB $\mu$ V/m	84.4dB $\mu$ V/m	0	TN290.6°
浜松教育	1 3	70.1dB $\mu$ V/m	70.7dB $\mu$ V/m	+341.46 $\mu$ s	TN261.2°

表 2.2 西伊豆実験場の受信環境

注：静岡局が計算値より実測値が高いのでフェーディングが予測される。

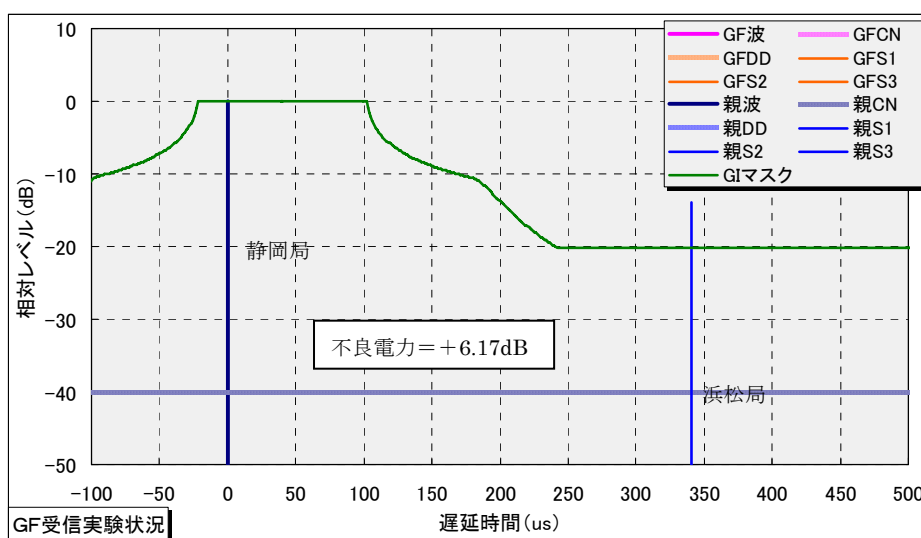


図 2.4 実験場環境における受信プロファイル

図 2.4 の静岡局と浜松局の DU 比 14dB、親局 C/N=40dB とした場合の不良電力は +6.17dB となる。送信所と同じ場所で、受信アンテナの指向性を利用して、ギャップフィルターの送信出力の浜松局 DU 比を 30dB まで改善して送信し、ギャップフィルターの受信限界地点で受信した場合（不良電力=約 0dB）を図 2.5 に示す。フィールドではギャップフィルターの受信レベルに対して直接受信される静岡局、浜松局のレベルを直交偏波効果や受信アンテナの指向性 F/B で抑圧して不良電力が 0dB 以下になれば受信可能となる。



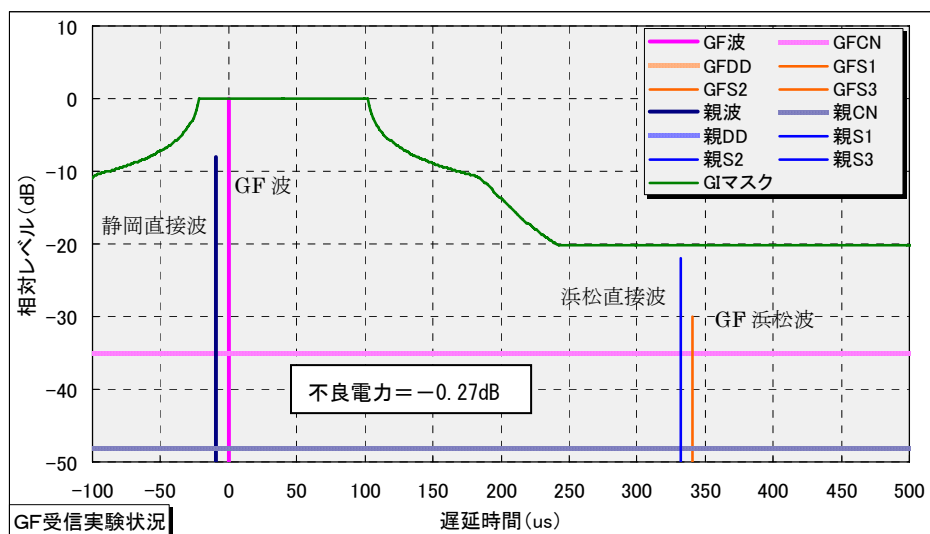


図 2.5 ギャップファイラー受信限界 (不良電力=0dB)

サービスエリアにおいて図 2.5 のよう静岡局直接飛び込み DU 比を 8dB に抑えれば受信可能となる。実験環境における DU 比とギャップファイラーからの距離との関係を計算した結果について計算条件を表 2.3、計算結果を図 2.6 に示す。

項目	摘要
静岡局潜在電界強度	84dB $\mu$ V/m
ギャップファイラー出力	10 mW および 50 mW
送信アンテナ利得、偏波面	7 dB、垂直偏波
ギャップファイラー計算電界	自由空間損失伝播 ( $E_0$ )
受信アンテナの偏波面効果	直交偏波、FB 比あわせて 20dB

表 2.3 図 2.6 の計算条件

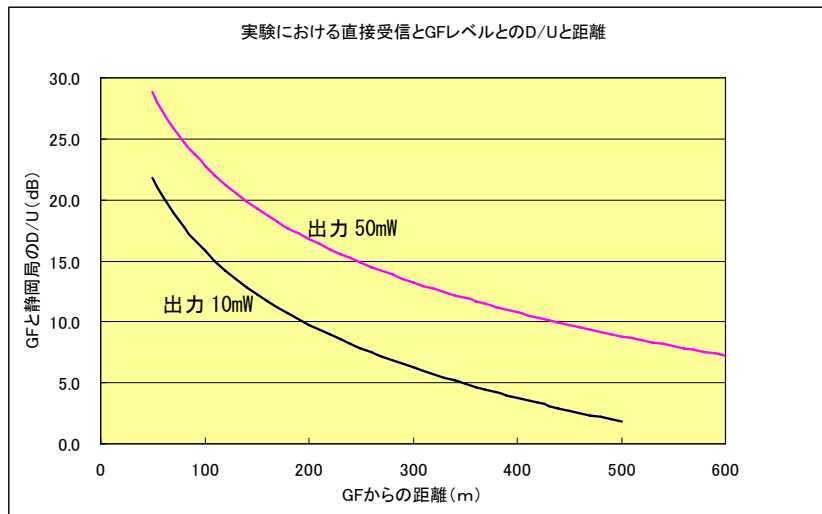


図 2.6 ギャップフィルラーからの距離と D/U

図 2.6 から、出力 10mW の場合 DU 比 8dB となるのはギャップフィルラーからの距離 240m 付近となる。この設計値は現地における偏波面効果などの状況で変化するが、ひとつの目安とする。

### 3 フィールド実験結果(抜粋)

実験は静岡県西伊豆町で実施した。電波環境の混信状況は 3.1 項参照

このフィールドは実際に S F N 混信による難視となっているが、電界強度が高く、実験に使用した出力 10 mW では 200 m 位のサービスエリアしか確保できないが、実験には測定の容易さ、エリア内に受信者がいないなど好立地であることで採用した。

#### 3.1 中継局用に使用した受信アンテナ

静岡局と浜松局の角度差が約 30 度であるから、今回、利得よりも指向性を重視した八木アンテナの 4 基水平スタックアンテナ (図 3.1) を参加メーカーの協力で新たに製作した。

このアンテナは半値角 20 度、正面からの変移角 20 度以上で減衰量 20dB 以上としたアンテナで、利得は 7dB 以上となっている。ここでは超指向性アンテナと称する。



図 3.1 今回使用した超指向性アンテナ

アンテナ	c h	浜松 D/U
超指向性アンテナ	1 3	37.8dB
	2 0	29.1dB

表 3.1 超指向性アンテナの浜松局 D/U (第 1 送信所)

このアンテナを使用して、ギャップファイラーで再送信する送信出力の信号品質を表 3.2 に示す。

c h	浜松局 D/U	送受回り込み D/U	MER	不良電力
1 3	34.5dB	38.1dB	29.1dB	-13.2dB
2 0	30.3dB	37.9dB	27.1dB	-9.6dB

表 3.2 ギャップファイラーの送信信号品質

注：表 3.1 と表 3.2 の浜松局 D/U 値に差が有るのは、静岡局のフェーディングによって、時間とともに D/U 値が変化していたためである。



図 3.2 第 1 送信所送信アンテナ



図 3.3 電測中の測定車

### 3.2 ギャップフィルラーを上位局の電波到来方向から電波発射した場合（第 1 送信所）

#### 3.2.1 ギャップフィルラーのサービス限界の確認（出力 10mW で送信）

☆ 第 1 送信所から 100m 地点での受信電測結果を表 3.3 に示す。

c h	GF レベル	静岡局直接 D/U	浜松局直接 D/U	GF 浜松 D/U	MER	不良電力	画質
13	62.8dB $\mu$	20.0dB	32.1dB	32.3dB	26.6dB	-7.9dB	○
20	60.2dB $\mu$	16.5dB	30.0dB	29.4dB	24.7dB	-5.8dB	○

表 3.3 第 1 送信所から 100m 地点の電測結果

☆ 第 1 送信所から 200m 地点での電測結果を表 3.4 に示す。

c h	GF レベル	静岡局直接 D/U	浜松局直接 D/U	GF 浜松 D/U	MER	不良電力	画質
13	56.8dB $\mu$	15.5dB	28.6dB	33.7dB	21.3dB	-7.7dB	○
20	56.7dB $\mu$	17.4dB	30.7dB	29.5dB	21.7dB	-6.4dB	○

表 3.4 第 1 送信所から 200m 地点での電測結果

☆ 第1送信所から300m地点での電測結果を表3.5に示す。

ch	GF レベル	静岡局直接 D/U	浜松局直接 D/U	GF 浜松 D/U	MER	不良電力	画質
13	54.9dB $\mu$	18.0dB	25.1dB	38.4dB	20.9dB	-4.2dB	○
20	55.2dB $\mu$	13.4dB	17.8dB	23.0dB	16.4dB	+3.5dB	×

表 3.5 第1送信所から300m地点での電測結果

以上の結果からも判るように、静岡局の直接受信(混信)レベルが予測より低い。第1送信所から300m地点での静岡局直接 D/U は、図 2.6 から読み取れば 10dB 前後であるべきところ 13ch では 18dB とかなり低い。しかし浜松局直接 D/U は予定通り 25.1dB である。これは静岡局の偏波面効果が浜松局に比べて大きく取れたことと、フェーディングによる静岡局レベル低下があったものと考えられる。

細部では偏波面効果やフェーディングによって正確には検証できていないものの、おおむね室内実験で示した不良電力で評価する方法で設計ができることを確認した。

実際の置局設計のサービスエリアは、偏波面効果 20dB としてもマージンを 3dB 程度考慮する必要がある。また、エリアでの親局電波潜在電界にフェーディングが想定される場合はそのマージンも加算する必要がある。

### 3.2.2 受信アンテナ偏波面効果確認

エリア内で家庭用受信アンテナ(14素子八木アンテナ)を使って、地上高8m~10mまでを0.5mごとに、全チャンネルの偏波面効果を測定した。その集計結果を表3.6に示す。

偏波面効果

最大	31.5dB
最小	17.6dB
dB 平均	25.1dB
標準偏差	3.3dB

表 3.6 偏波面効果

この結果は周辺が開けた高原の環境であるが、一般的にはマルチパスによる偏波面効果の低下が予想されるので、15db~20dBを見込むのが適当と考えられる。

## 4 D - D難視・SFN難視対策用ギャップフィルターの技術的条件(審議中の案)

以上の実験より、D-D 混信・SFN 混信対策用としてギャップフィルターは有効であることが確認された。また、その際は、受信アンテナの偏波面効果を盛り込むことが有効である。

なお、D-D 混信・SFN 混信の難視対策用ギャップフィルターの技術基準は5月に緩和施行された基準どおりとし、そのほかの技術的条件については、下記の技術的条件を満足すれば有効であることが実験で確認された。サービスエリアの考え方とか与干渉の問題など辺地の難視解消用ギャップフィルターとは条件が異なるので注意が必要である。

### 4.1 ギャップフィルターの技術的条件

現在審議中の混信対策用の技術的条件は以下のとおり。

項目	摘要	備考
技術基準(基準値)	現行技術基準	5月に施行緩和された基準値通り。
送信出力	50mW以下	10mW、50mW
送信チャンネル	SFN	親局と同じチャンネルのSFNを原則
送信チャンネル数	親局波と同局数	混信チャンネルだけの送信は、偏波面の関係で混信のないチャンネルの親局とギャップフィルター局を異なるアンテナで受信し、フィルターで混合するなど受信システムが複雑となり現実でない。また、直接受信のチャンネルに妨害を与える恐れがある。
偏波面	親局と直交偏波	ギャップフィルター波と混信波を受信アンテナで識別し、混信の影響を少なくする方式のため、偏波面は親局と直交偏波とする。
不良電力	-10dB以下	フェージングによる劣化を含む

### 4.2 サービスエリア

サービスエリアは電界強度では規定できない。対象のエリアにおける被混信波のレベルに依存する。偏波面効果やアンテナの指向性などで識別した後の受信アンテナ出力で不良電力<sup>注</sup>=0dBが受信限界である。(注:2.2項参照)

さまざまな要因(受信アンテナの設置精度による識別度低下や受信者周辺の状況など)によりD/Uの劣化(不良電力の増加)が起こる。また、周波数特性(チャンネル差)も考慮しなくてはならない。そのマージンとして3dB以上の不良電力マージンが必要であろう。また、エリアの飛び込む混信波のフェージングが懸念される場合はフェージングマージンを考慮する必要がある。

50mW の出力で障害区域全域をカバーできない場合は、複数のギャップフィルアーで対策を行うことの検討が必要になる。この場合は与干渉に注意した設計が重要となる。

#### 4.3 与干渉（新たな2次妨害）について

与干渉により隣接したサービスエリア外の受信者に障害を与える恐れのある場合は、それが最も少なくなるように、無線局の免許時に送信出力、送信アンテナの利得、構成、方向などを設計する必要がある。検討は不良電力で評価し、フェージングなどいかなる条件でも不良電力が 0dB を超えない設計をする。

与干渉障害を減らす対策として、サービスエリアとして予定していた外の世帯の受信アンテナをギャップフィルアー局の方向に向け、偏波面を変えるなどの対策が考えられる。ただしこの場合は、ギャップフィルアー送信時と同時に対策を実施しなければならない。また、障害世帯数が大きくなると時間とコストがかかる。