

ギャップファイラーにおけるSFNに関する 調査検討会

報 告 書

平成21年3月

総 務 省 信 越 総 合 通 信 局

ギャップファイラーにおけるSFNに関する調査検討会

目 次

| | |
|--|----|
| はじめに | 1 |
| 第1章 地上デジタルテレビジョン放送の概要 | |
| 1.1 放送メディアのデジタル化 | 2 |
| 1.2 信越管内の地上デジタル放送の概要 | 2 |
| 1.3 ギャップフィルターの制度化の経緯 | 3 |
| 1.4 ギャップフィルター設置による二次的障害の対応 | 4 |
| 第2章 建造物障害対策用ギャップフィルター設置による二次的な障害の対応策 | |
| 2.1 二次的な障害関連の実地試験 | 5 |
| 2.1.1 実地試験の概要 | 5 |
| 2.1.1.1 実地試験の目的 | 5 |
| 2.1.1.2 実地試験の日時 | 6 |
| 2.1.1.3 実地試験の場所 | 6 |
| 2.1.2 事前検討 | 7 |
| 2.1.2.1 長野局(美ヶ原)の電界強度のシミュレーション | 7 |
| 2.1.2.2 ギャップフィルターの電界強度のシミュレーション | 8 |
| 2.1.2.3 長野局(美ヶ原)受信障害エリア及び 第1ギャップフィルター受信可能エリアのシミュレーション | 8 |
| 2.1.2.4 SFN干渉障害のシミュレーション | 10 |
| 2.1.2.5 送信チルトに関するシミュレーション | 13 |
| 2.1.3 実地試験系統 | 13 |
| 2.1.3.1 第1ギャップフィルターの設置状況 | 14 |
| 2.1.3.2 第2ギャップフィルターの設置状況 | 17 |
| 2.1.4 実地試験の測定結果 | 20 |
| 2.1.4.1 長野局の電界強度 | 20 |
| 2.1.4.2 送信アンテナのチルト効果の測定 | 22 |
| 2.1.4.3 送信アンテナの偏波による電界強度の差異 | 23 |
| 2.1.4.4 交差偏波識別度の測定 | 24 |
| 2.1.4.5 ギャップフィルターのサービスエリアの測定 | 26 |

| | |
|---|----|
| 2. 1. 4. 6 SFN与干渉障害の測定(交差偏波送信の場合) | 29 |
| 2. 1. 4. 7 SFN与干渉障害の測定(同一偏波送信の場合) | 30 |
| 2. 1. 4. 8 ギャップフィラー間干渉 | 32 |
| 2. 2 送受回り込み抑制関連の実地試験 | 34 |
| 2. 2. 1 実地試験の概要 | 34 |
| 2. 2. 1. 1 実地試験の目的 | 34 |
| 2. 2. 1. 2 実地試験の日時 | 34 |
| 2. 2. 1. 3 実地試験の場所 | 34 |
| 2. 2. 2 事前検討 | 36 |
| 2. 2. 3 実地試験系統 | 38 |
| 2. 2. 4 測定結果 | 40 |
| 2. 2. 4. 1 ギャップフィラーの送信品質 | 40 |
| 2. 2. 4. 2 各測定ポイントにおける遮蔽状況 | 41 |
| 2. 2. 4. 3 詳細移動測定 | 44 |
| 2. 2. 4. 4 北方向及び南方向の測定 | 45 |
| 2. 2. 4. 5 アンテナ比較 | 46 |
| 2. 2. 4. 6 反射波 | 49 |
| 2. 2. 4. 6. 1 北方向からの反射波 | 50 |
| 2. 2. 4. 6. 2 南方向からの反射波 | 52 |
| 2. 2. 4. 7 回折波の周波数特性 | 53 |
| 2. 2. 4. 8 送受分離(回り込み量)の所要条件 | 54 |
| 2. 3 第2章の実地試験のまとめ | 56 |

第3章 地形難視対策用ギャップフィラー設置による二次的な障害の対応策

| | |
|---|----|
| 3. 1 地形難視対策用ギャップフィラー設置による二次的な障害の対応策 | 57 |
| 3. 2 実地試験の概要 | 57 |
| 3. 2. 1 実地試験の目的 | 57 |
| 3. 2. 2 実地試験の日時 | 58 |
| 3. 2. 3 実地試験の場所 | 58 |
| 3. 3 事前検討 | 59 |
| 3. 3. 1 山ノ内局の電界強度のシミュレーション | 59 |
| 3. 3. 2 ギャップフィラーの電界強度のシミュレーション | 61 |
| 3. 3. 2. 1 第1ギャップフィラーの電界強度のシミュレーション | 61 |

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 3.3.2.2 第2ギャップフィルターの電界強度のシミュレーション | 62 |
| 3.3.3 ギャップフィルターによる与干渉障害のシミュレーション | 63 |
| 3.3.3.1 第1ギャップフィルターによる与干渉障害のシミュレーション | 63 |
| 3.3.3.2 第2ギャップフィルターによる与干渉障害のシミュレーション | 65 |
| 3.4 実地試験系統 | 66 |
| 3.4.1 第1ギャップフィルターの設置状況 | 67 |
| 3.4.1.1 第1ギャップフィルターの受信信号品質と送信品質 | 71 |
| 3.4.2 第2ギャップフィルターの設置状況 | 72 |
| 3.4.2.1 第2ギャップフィルターの受信信号品質と送信品質 | 74 |
| 3.5 実地試験の測定結果 | 75 |
| 3.5.1 山ノ内局の電界強度 | 75 |
| 3.6 ギャップフィルター波の電界強度の測定 | 80 |
| 3.7 SFN与干渉障害の測定 | 81 |
| 3.7.1 山ノ内局の電界強度 | 82 |
| 3.7.2 MFNギャップフィルターによる飛び出し状況の測定 | 83 |
| 3.7.2.1 第1ギャップフィルターの飛び出し状況の測定 | 83 |
| 3.7.2.2 第2ギャップフィルターの飛び出し状況の測定 | 84 |
| 3.7.3 SFNギャップフィルターによる与干渉の実地試験 | 84 |
| 3.7.3.1 B1「エリア最遠部」の測定結果 | 85 |
| 3.7.3.2 B2「天川橋駐車場」の測定結果 | 86 |
| 3.7.3.3 B3「天川神社東側」の測定結果(1/2) | 87 |
| 3.7.3.4 B3「天川神社東側」の測定結果(2/2) | 83 |
| 3.7.3.5 B4「郷土文化保存伝習館」の測定結果(1/2) | 89 |
| 3.7.3.6 B4「郷土文化保存伝習館」の測定結果(2/2) | 90 |
| 3.7.4 ギャップフィルター間の干渉実地試験 | 91 |
| 3.7.5 直交偏波効果に関する実地試験 | 93 |
| 3.7.5.1 ギャップフィルターを同一偏波で送信した場合 | 93 |
| 3.7.5.2 ギャップフィルターを交差偏波で送信した場合(1/2) | 94 |
| 3.7.5.3 ギャップフィルターを交差偏波で送信した場合(2/2) | 94 |
| 3.7.5.4 直交偏波面効果の算出 | 95 |
| 3.7.6 送受回り込み抑制関連 | 96 |
| 3.7.6.1 第1ギャップフィルターの送受回り込み抑制 | 96 |
| 3.7.6.2 第2ギャップフィルターの送受回り込み抑制 | 97 |
| 3.7.7 受信電界とMER測定の相関 | 100 |
| 3.8 第3章の実地試験のまとめ | 104 |

第4章 まとめと展望

| | | |
|-------|----------------------------|-----|
| 4.1 | まとめ | 105 |
| 4.1.1 | 事前のシミュレーションについて | 105 |
| 4.1.2 | 建造物障害対策用ギャップフィルターの低位送信について | 105 |
| 4.1.3 | 交差偏波識別度について | 106 |
| 4.1.4 | 送受回り込み抑制について | 106 |
| 4.1.5 | 電界強度とMERの関係について | 106 |
| 4.2 | 課題と展望 | 107 |
| 4.2.1 | ギャップフィルターの技術的課題について | 107 |
| 4.2.2 | ギャップフィルターの設置コストについて | 107 |
| 4.2.3 | ギャップフィルターの設置・運用について | 108 |
| 4.3 | おわりに | 108 |

資料編

| | | |
|---|-----------------------------------|-----|
| 1 | 調査検討会の開催趣旨 | 109 |
| 2 | 調査検討会の設置要綱 | 110 |
| 3 | 調査検討会の委員名簿 | 111 |
| 4 | 作業部会の設置要綱 | 112 |
| 5 | 作業部会の委員名簿 | 113 |
| 6 | 調査検討会及び作業部会の検討経過 | 114 |
| 7 | (株)NHKアイテックの報告書(建造物障害対策用GF関連) | 116 |
| 8 | (株)日本デジタル放送システムズの報告書(地形難視対策用GF関連) | 116 |
| 9 | 受信障害対策中継放送を行う放送局の開設に当たってのガイドライン | 116 |

はじめに

2011年7月に、アナログテレビ放送の長い歴史が幕を閉じようとしている。アナログテレビの成長期をつぶさに見てきた者にとっては、一抹の寂しさも憶える。特に、モノクロ放送からカラー放送に移行して行く段階での技術の展開は、変・復調技術を学生に教育する者にとって、これを考案し実現した先輩技術者たちの魂をどのように伝えたらよいのか腐心したものである。

今回の地上デジタル放送への移行は、その時ほどスムーズなものとは言えないが、今後の地上デジタル放送の進展と周波数の有効利用にとって避けて通れない大きな関門であると考えられる。ありとあらゆるものがユビキタスネットワークによって繋がる夢のような世界を実現するために、電波の周波数帯域は益々重要になり、テレビジョン放送だけが広い周波数帯域を利用することは許されないという事情があったと推察される。特に地上デジタル放送に使われているOFDM方式は周波数利用効率が高く、また今回検討対象としているSFN(単一周波数ネットワーク)によるギャップフィラーという新しい方式をも可能としている。従来、アナログの中継を行う場合、アンテナの指向性等を厳しく制限しない限り、同一周波数で中継することは不可能であり、広い周波数帯域を必要とする。この点でも、地上デジタル放送方式の強みが発揮されている。

一方、テレビは最も国民生活によく浸透している情報基盤であり、アナログ放送からデジタル放送への完全移行は、国を挙げて取り組むべき国家的な課題である。そのためには、何処にでもテレビ電波が届いている必要がある。これまで、約50年かけてテレビ電波の不感地帯を無くして来たが、これと同様のことをあと残り少ない年月で実現し、全てのご家庭で地上デジタル放送を視聴できるようにする必要がある。今回検討しているギャップフィラーもこの一環であり、従来と比べ安価な装置でビル陰等の電波の届き難い部分にSFNによって中継し、電波の不感地帯をなくそうとする方式である。

調査検討会で検討すべき事柄は非常に多岐に渡ったため、全てを実験でやり尽くすことは不可能であった。そのため、電波の伝搬状況を計算機シミュレーションによってできる限り予測し、実験で確かめる形態を取った。その中で、計算機シミュレーションの予測が、ある程度の範囲で十分に使えることが、確認できたことは大きな収穫であった。すなわち、中継器を設置する場合に従来のようにベテラン技術者の勘や試行錯誤に頼る代わりに、計算機による予測に基づいて設置場所等や指向性などを決定できるからである。

本調査検討会で得られた結果が、国民の最大の娯楽であるテレビ放送のデジタル化への完全移行に向けて、有効利用されることを確信するものである。

平成21年3月

「ギャップフィラーにおけるSFNに関する調査検討会」

座長 半田 志郎(信州大学工学部・教授)

第1章 地上デジタルテレビジョン放送の概要

1.1 放送メディアのデジタル化

我が国における放送サービスは、大正14年(1925年)に中波ラジオ放送が、昭和28年(1953年)にテレビジョン放送が開始され、以来、長年にわたり国民生活に広く浸透し、国民に親しまれてきた。

近年、情報通信分野における技術革新を背景に、情報通信メディアのデジタル化が急速に進展し、放送分野においても放送のデジタル化が推進されている。放送のデジタル化は、高精細度映像の実現、移動受信の改善、データ放送利用の高度化等が進み、これまでに無い高いレベルの放送品質やサービスを提供するものとなった。

放送メディアのデジタル化は、平成8年(1996年)にCSデジタル放送が、平成12年(2000年)にBSデジタル放送が開始され、平成15年(2003年)12月には、関東、中京、関西の三大都市圏において地上テレビジョン放送のデジタル化が開始され、いわゆる「地デジ」の幕開けとなった。その後、平成18年(2006年)末までに全国の県庁所在地で地上デジタル放送が開始され、平成23年(2011年)7月に地上デジタルテレビジョン放送(以下「地上デジタル放送」という。)に完全移行することとなっている。

1.2 信越管内の地上デジタル放送の概要

信越管内における地上テレビジョン放送のデジタル化は、平成18年(2006年)に長野(美ヶ原)局、新潟(弥彦)局が開局され、平成21年3月末現在、長野県内では30カ所、新潟県内では28カ所の中継局が開局されている。平成21年度には、新たに長野県内で12カ所、新潟県内で9カ所に中継局が開局される予定である。

また、信越管内の地上デジタル放送の世帯カバー率は、表1.2のとおりとなっている。

表1.2 信越管内の地上デジタル放送の世帯カバー率

| 県名 | カバー率 |
|-----|------|
| 新潟県 | 約97% |
| 長野県 | 約94% |

(平成20年(2008年)末)

注:カバー率はアナログ受信世帯数(共聴等を含む)に対するデジタル受信可能世帯数の比である。

【出典:地上デジタル推進全国会議公表の中継局ロードマップ及び市町村別ロードマップから】

1.3 ギャップフィルターの制度化の経緯

平成23年(2011年)7月の地上デジタル放送への完全移行向け、現在、全国において中小規模の中継局の整備が行われている。その中で、放送波が届き難い山間辺地やビル陰には多数の小規模の中継局の整備が見込まれ、そのような小規模中継局の技術基準の策定が求められていた。

特に、地上デジタル放送のサービスエリアの中で、局所的に地形や建造物等により電波が遮蔽されることによって受信障害が発生している狭いエリアの受信状態を改善するために追加的に置局する極微小電力の中継局(以下、ギャップフィルターという。)は、比較的小規模な無線設備であり、経済的かつ迅速に置局できるという特徴があることから、その制度整備に期待が寄せられてきたところである。

このような状況を背景に、地上デジタル放送における中継局の導入等、デジタル放送システムの最適利用のための技術的条件について審議するため、平成18年(2006年)9月に情報通信審議会の情報通信技術分科会に放送システム委員会が設置された。

放送システム委員会では、「放送システムに関する技術的条件」のうち「地上デジタル放送の中継局に関する技術的条件」について、平成18年(2006年)10月から審議を行った。

審議の結果、地上デジタル放送において「放送局」として一律の技術基準が適用されていた旧制度について、新たに「中継局」という概念を導入して、周波数許容偏差、空中線電力許容偏差、スペクトルマスクに関して技術基準が緩和されたカテゴリを導入すべきことが提言された。

また、その中継局の技術基準のうち、特に、電波伝搬の特性上閉鎖的であり、かつ、狭小な区域を対象として、極微小電力(0.05W以下)で送信する中継局は、「極微小電力局」とさらに定義をして、経済性に優れた小規模な無線設備を通常の中継局と区別して整理することとしたとの報告を行い、平成19年(2007年)1月、情報通信審議会から「地上デジタル放送の中継局に関する技術的条件」について一部答申が行われ、同年5月に一部答申を踏まえ、地上デジタル放送における中継局及び極微小電力局の新たな技術基準が施行された。

平成19年(2007年)5月に施行された極微小電力局の技術基準は、電波伝搬の特性上閉鎖的であり、かつ、狭小な区域を対象としており、山間辺地や地下街等の遮へい空間のみに適用できるものであり、電波が建造物に遮へいされることにより生ずる受信障害対策用の送信設備は対象外となっていた。

地上デジタル放送の中継局の整備が進展することに伴い、建造物等人為的要因により受信障害が発生している地域やデジタル混信により受信障害が発生している地域においてもギャップフィルター設置による対策のニーズが高まっているため、放送システム委員会では、平成19年(2007年)8月から「放送システムに関する技術的条件」のうち「デジタル混信等の難視対策のためのギャップフィルターに関する技術的条件」について審議を行った。

1.4 ギャップフィルター設置による二次的障害の対応

放送システム委員会が「放送システムに関する技術的条件」のうち「デジタル混信等の難視対策のためのギャップフィルターに関する技術的条件」について審議を行った結果、建造物等人為的要因により受信障害が発生している地域やデジタル混信により受信障害が発生している地域等に設置する空中線電力0.05W以下の中継局の周波数許容偏差、空中線電力許容偏差、スペクトルマスクに係る技術的条件は、平成19年(2007年)5月に施行された極微小電力局の技術的条件と同じ条件とすることが適当であり、偏波面については、上位局の電波と直交させることを原則とするとともに、周波数偏差等の測定方法について報告が行われ、平成20年(2008年)1月、情報通信審議会から「デジタル混信等の難視対策のためのギャップフィルターに関する技術的条件」について一部答申を行われ、同年5月に一部答申を踏まえ、地上デジタル放送における中継局及び極微小電力局の新たな技術基準が施行された。

この技術的条件の審議を行った放送システム委員会報告では、難視対策用のSFN(Single Frequency Network)を行うギャップフィルターの置局による二次的な障害の防止策として、カバーエリアの最小限化による不要な飛び出しの抑制、偏波面を上位局と変えることによる上位局受信者への影響の軽減等があげられた。

このため、信越総合通信局は、平成20年(2008年)5月、「ギャップフィルターにおけるSFNに関する調査検討会」を設置し、建造物障害対策用のギャップフィルターの送信高を低く抑えた低位送信等によるカバーエリアの最小限化と不要な飛び出しの抑制、偏波面を上位局と変えることによる上位局受信者への影響の軽減等について調査検討を行ったものである。

第2章 建造物障害対策用ギャップファイラー設置による二次的な障害の対応策

2.1 二次的な障害関連の実地試験

建造物障害対策用ギャップファイラーの二次的な障害に関連する実地試験は、長野市吉田の長野電鉄(株)長野線信濃吉田駅周辺の地上高45mのマンションを長野局(美ヶ原)からの電波の仮想障害物と見なして次節以降の内容で実施した。

なお、実地試験を行ったエリア及びその周辺は、長野局(美ヶ原)と善光寺平局の二つの局のサービスエリアとなっており、エリア及びその周辺の視聴者は全て善光寺平局を受信している。

このため、13から18チャンネルを使用したSFN-ギャップファイラーの実地試験を行っても受信障害が発生することはない。また、長野局(美ヶ原)からの電波の仮想障害物と見なしたマンションも同様の理由により、建造物障害は発生しないことを念のため申し添える。

MFN(Multi Frequency Network)-ギャップファイラーで使用した19及び25チャンネルは長野市内で使用されていないため受信障害は発生しない。

2.1.1 実地試験の概要

2.1.1.1 実地試験の目的

ギャップファイラーは、放送区域内に存在する建造物や地形的要因により局所的に発生する受信困難地域を解消する手段として期待されている。

ギャップファイラーには親局(上位局)と同一のチャンネルで電波を発射するSFNと親局(上位局)と異なるチャンネルで電波を発射するMFNの2種類の方式がある。言うまでもなくSFNの方式の方が周波数の有効利用の観点から望ましいとされている。

ギャップファイラーの置局にあたっては、事前に検討を必要とする技術的要件として、サービスエリアやギャップファイラー受信のための条件等に加えて、ギャップファイラーの設置に伴う二次的な障害の有無について検討することが重要になっている。とりわけSFN方式では、受信困難地域の内外に親局の電波とギャップファイラーの電波が到来することになり、このことが原因となりSFN混信による新たな受信困難地点を生じさせる場合があることから、より細かな事前検討が必要になっている。

また、建造物障害対策用のギャップファイラーにあっては、工事の容易さから障害源となる建造物の屋上等から送信する事例も想定されることから、必要とするエリア以上に電波が輻射され、これを要因としたSFN混信の発生についても危惧されているところである。

本実地試験は、ギャップファイラーの設置にあたっての事前検討手法を確立することを目的として、以下の項目について調査試験を行った。

- 調査項目1: MFN-GFにおけるサービスエリア範囲の検証
(可能な限り送信高を低くした、低位送信の観点から)

調査項目2: SFN-GFにおける二次的な障害発生地点の検証

調査項目3: SFN-GFにおける二次的な障害解消手段の検証

2.1.1.2 実地試験の日時

実地試験は、本試験に先立ち、機器の動作試験やギャップファイラーのエリア確認等を行う予備試験を平成20年8月28日から9月1日までの5日間実施した。

この予備試験の結果を受けて、本試験を平成20年9月2日から9月17日まで12日間実施した。また、本試験終了後の9月18日には、本実地試験を主催する調査検討会の委員や実地試験に協力をいただいた関係者に対して公開試験を実施した。

2.1.1.3 実地試験の場所

実地試験を行った場所は、長野市吉田の長野電鉄(株)長野線信濃吉田駅周辺の大型マンション等の建造物による電波遮蔽領域を中心に測定を行った。

図2.1.1.3に実地試験場所の周辺の俯瞰図を示す。図中央部の左右の白線は親局波の到来方向を、○印は測定場所等を示している。測定場所は、測定車が長時間駐車可能であることなどの条件を満たす複数の候補から、シミュレーションなどの机上検討および予備試験結果を考慮して、赤枠で囲った7箇所を選定した。



図2.1.1.3 実地試験場所俯瞰図

ギャップファイラーは、ギャップファイラー間の干渉も試験を行うため、比較的近距离に2式設置した。第1ギャップファイラーは、建造物障害の原因と仮想したマンション横の県道拡幅予定地に高所作業車を使用して設置した。第2ギャップファイラーは中部電力(株)吉田訓練所構内の訓練用の電柱に共架設置した。設置場所はいずれも緑色の矢印で示した場所である。

なお、受信親局は、第1及び第2ギャップファイラーともに長野局(美ヶ原)とした。

ギャップファイラーの設置に関して多大なご協力をいただいた、長野県殿、長野市殿、中部電力(株)長野支店殿及び長野電鉄(株)殿に御礼を申し上げます。

2.1.2 事前検討

実地試験を効率的かつ効果的に進めるため、机上検討により実地試験対象地区の全般的な特性を把握するため、建造物による遮蔽減衰量やSFN混信障害発生確率等、下記の項目についてシミュレーション計算を実施した。(シミュレーション計算の手法等については、資料編(株)NHKアイテックの報告書を参照願いたい。)

- ①長野局(美ヶ原)の電波の電界強度(建造物障害発生地点の特定)
- ②ギャップファイラーの電波の電界強度
- ③親局並びにギャップファイラーの電波の受信可能エリア
- ④SFN混信障害発生地点

2.1.2.1 長野局(美ヶ原)の電界強度のシミュレーション

長野局(美ヶ原)の電界強度のシミュレーション結果は図2.1.2.1のとおりである。シミュレーションを行ったエリアの長野局の電界強度は65dB μ V/m程度と計算される。この電界強度が建造物によって遮蔽されている場所にあつては、電界強度が10~30dBの範囲で低下している様子がわかる。仮定の障害源としたマンションから約200m離れた場所までが電界強度の低下が大きく、その地点にある吉田小学校の校舎の影響を受けて、複合遮蔽により、さらに約200m遠方まで電界強度が低下している。

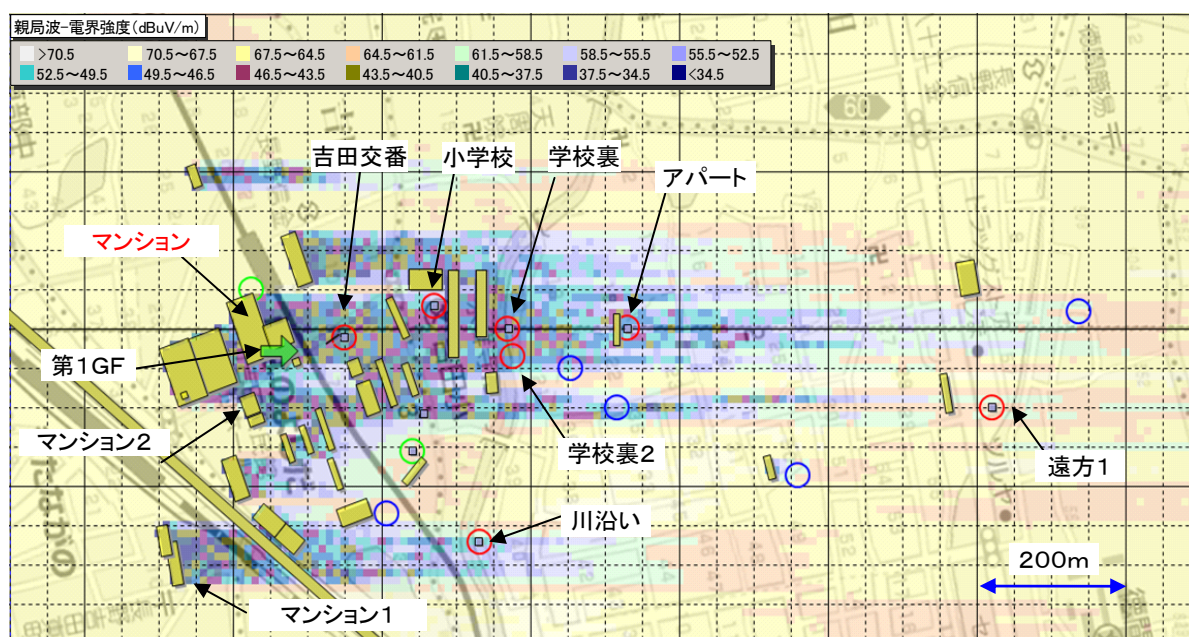


図2.1.2.1 長野局親波電界強度計算値(15ch)

2. 1. 2. 2 ギャップファイラーの電界強度のシミュレーション

仮想の建造物障害の原因としたマンション脇に設置した第1ギャップファイラーのシミュレーション結果は図2. 1. 2. 2のとおりである。このシミュレーションの送信条件としては、送信高20m、送信空中線5素子リングアンテナ、送信電力10mW(実効輻射電力40mW)、送信チャンネル15chとした場合のものである。

図の上側の遮蔽領域は、第1ギャップファイラーの近傍にある「マンションの駐車場」建物によるものである。また、ギャップファイラーから右下方向に向かって遮蔽領域は、「吉田の銀杏」という、高さ、幅とも30mを超える大きな樹木によるものである。樹木は建物ほどの遮蔽効果がないこと、形状が不定形であることなどから、その遮蔽量を計算で求めるのは難しく、実際の測定にあたっては、風などの影響を受け樹木が揺れることにより、測定値が不安定になることも想定される。このため、本実地試験では、この樹木の遮蔽領域には測定地点を設置しないこととした。

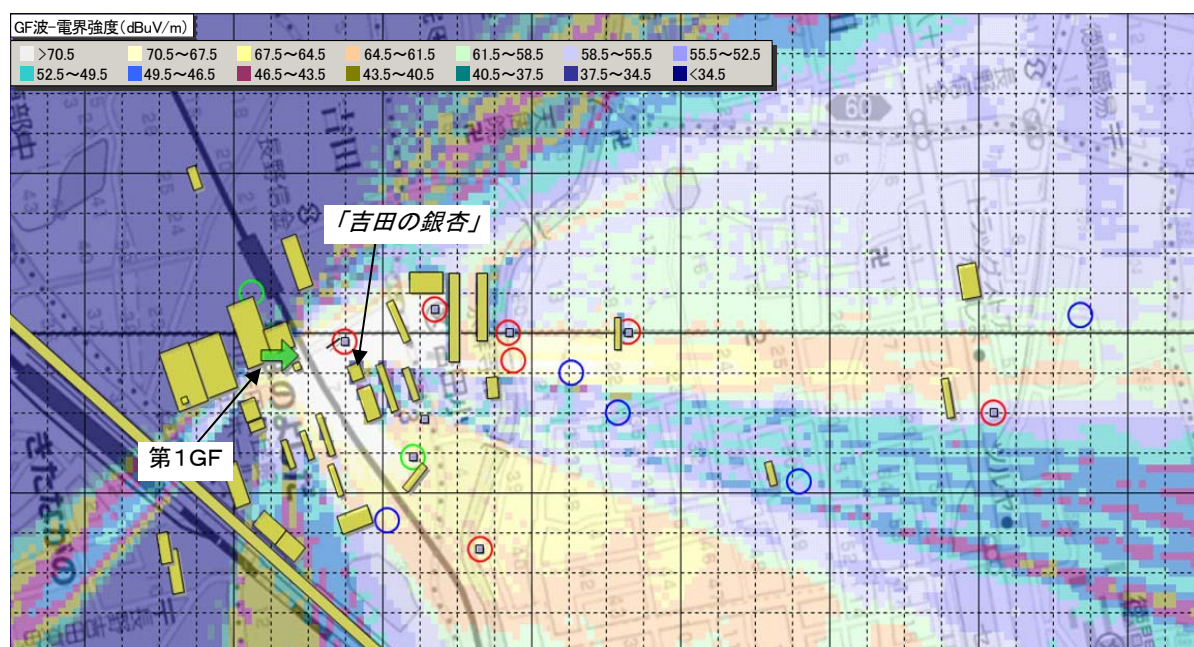


図2. 1. 2. 2 第1GF波電界強度計算例

2. 1. 2. 3 長野局(美ヶ原)受信障害エリア及び第1ギャップファイラー受信可能エリアのシミュレーション

図2. 1. 2. 3が、長野局及び第1ギャップファイラーの電波がそれぞれ単独に存在する場合について、受信可能領域をシミュレーションした結果である。同図(A)は長野局、同(B)は第1ギャップファイラーに関する結果である。

ある地点における電界強度は、アンテナの位置の変化や伝搬状態の変動等の不確定要素が含まれていることを考慮する必要がある。特に遮蔽領域においては、波長程度の位置変化でも電界強度が大きく変動する場合があります。計算値、測定値を問わず電界強度を一つの数値で表現するよりもその値を中心に一定の範囲内に分布しているとして扱うのが適切である。遮蔽条件によるが遮蔽領域における電界強度は、標準偏差6dB程度で正規分布する

とされている。

このシミュレーションにおいては、上記の考え方に従って、10mメッシュの各地点の電界強度の計算値の周りに6dBの正規分布するものと仮定し、その電界強度の分布に応じて受信障害が発生する確率を示すこととした。建造物により受信障害の発生確率が40%以上だった地点が、第1ギャップファイラーの電波を発射することにより5%以下になり、受信障害が解消される様子がよくわかる。なお、第1ギャップファイラーの送信条件は、ギャップファイラーの電界強度をシミュレーションした時と同一である。

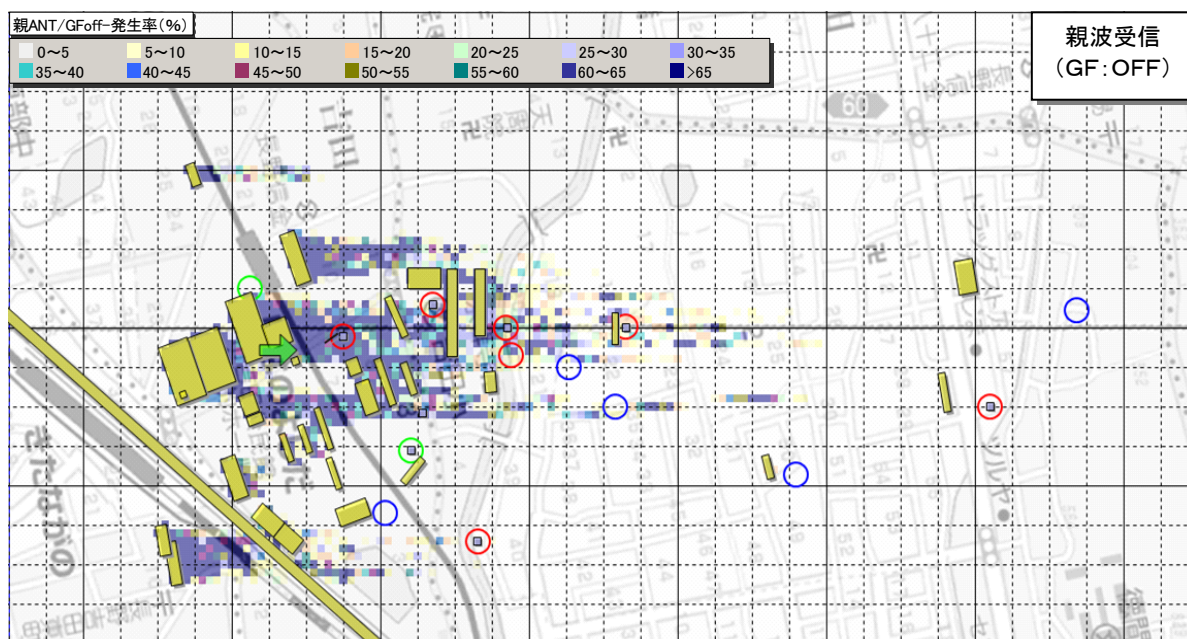


図2. 1. 2. 3(A) 長野局受信可能エリア計算値

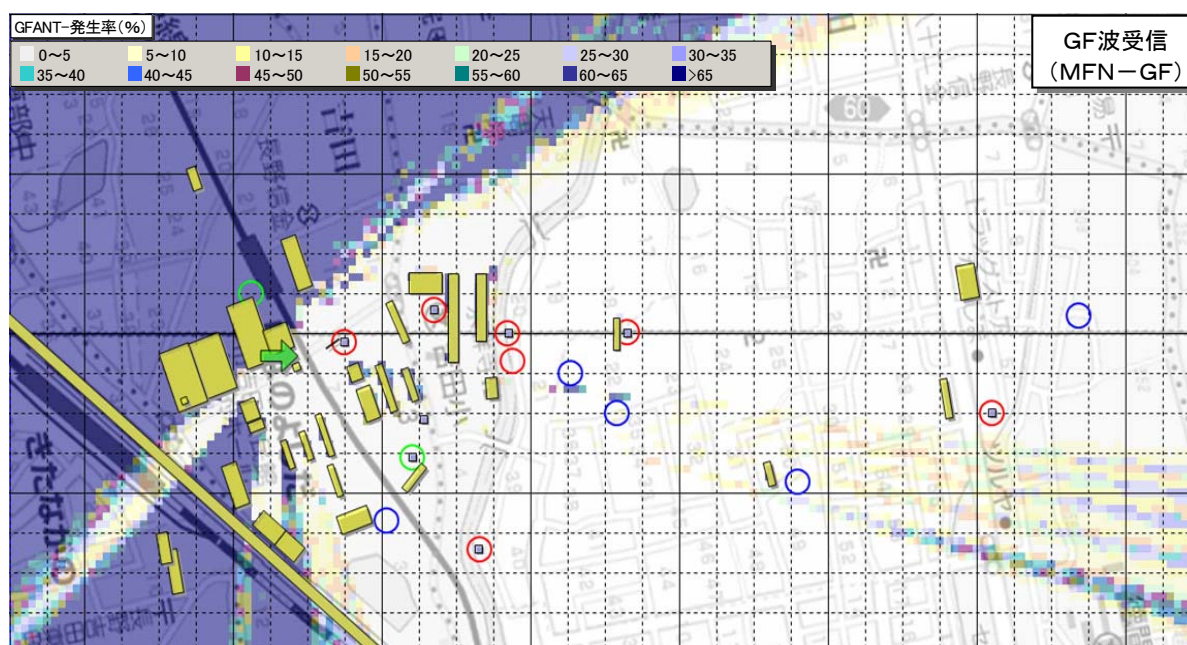


図2. 1. 2. 3(B) GF波受信可能エリア計算値

2. 1. 2. 4 SFN干渉障害のシミュレーション

SFNによるギャップファイラーの場合は、ギャップファイラーの電波の発射にともないSFN混信障害が発生する恐れがある。図2. 1. 2. 4. 1は、ARIB TR-B14((社)電波産業会 地上デジタルテレビジョン放送運用規定 以下、同様。)に記載されているSFN混信障害発生条件であり、図の曲線で囲まれた領域内に希望波とSFN波が存在する場合に障害が発生することを示したグラフである。

このグラフから読み取れることとしては、希望波の受信電圧が50dB μ V以上あれば、SFN波の受信電圧にかかわらず、障害は発生しないが、希望波の受信電圧が50dB μ V未満の場合であって、希望波の受信電圧とSFN波の受信電圧がほぼ等しくなる条件において発生することとなる。

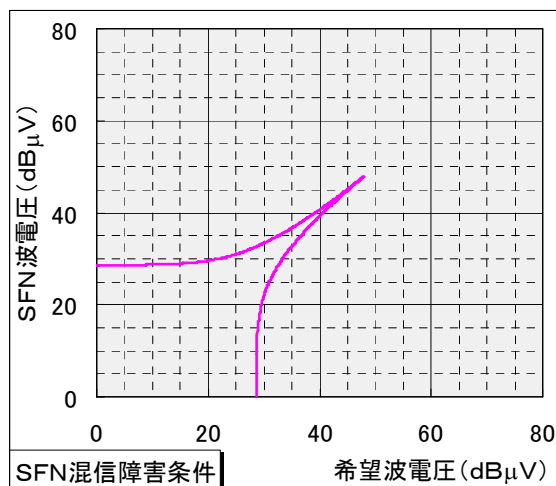


図2. 1. 2. 4. 1 SFN混信障害発生条件

図2. 1. 2. 4. 2は、以上の考察を踏まえて、SFNギャップファイラーの電波の発射にともない二次的に発生する混信障害(以下、SFN与干渉とする。)について、長野局と直交した偏波面(垂直偏波)でシミュレーションを行った結果である。なお、SFN与干渉障害の発生に影響を与える、交差偏波識別度は15dB、送信C/Nは30dBとしてシミュレーションを行った。

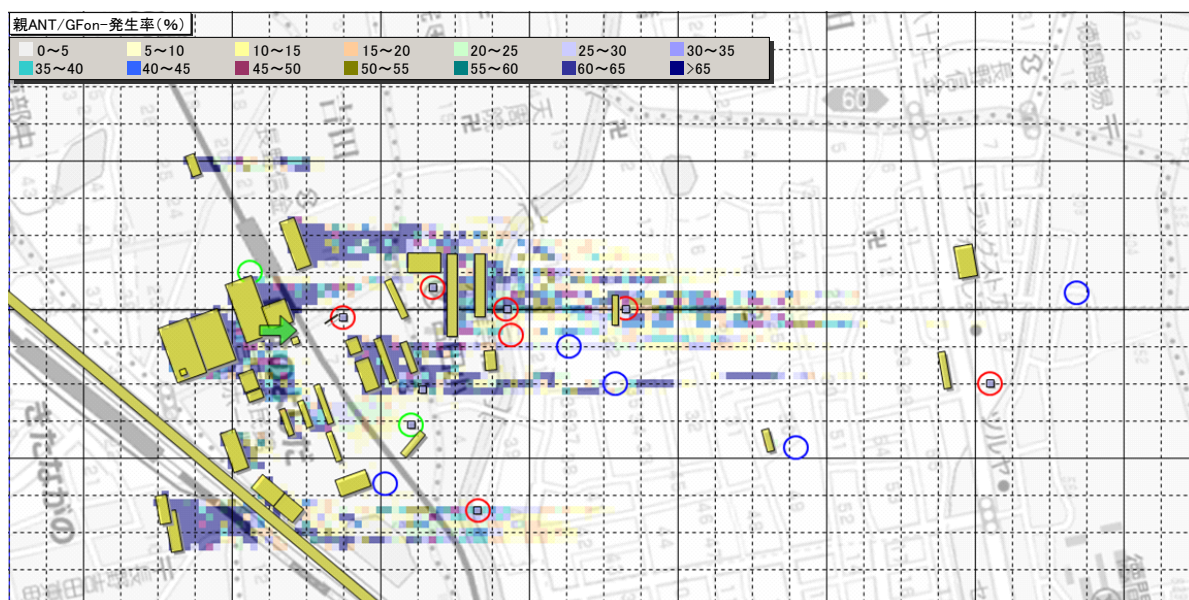


図2. 1. 2. 4. 2(A) SFN-GF波発射時の受信障害発生率(交差偏波送信)

同図(A)は、ギャップファイラー送信は長野局と直交する偏波、各地点の受信アンテナは長野局受信用(アンテナ方向:長野局、偏波面:水平)の場合のシミュレーション結果である。

この結果の中にはSFN与干涉障害と長野局の遮蔽障害の2種類のもが含まれていることから、この図と長野局の遮蔽障害のシミュレーション結果である図2. 1. 2. 3(A)との差分がSFN与干涉障害の発生地点に相当する。

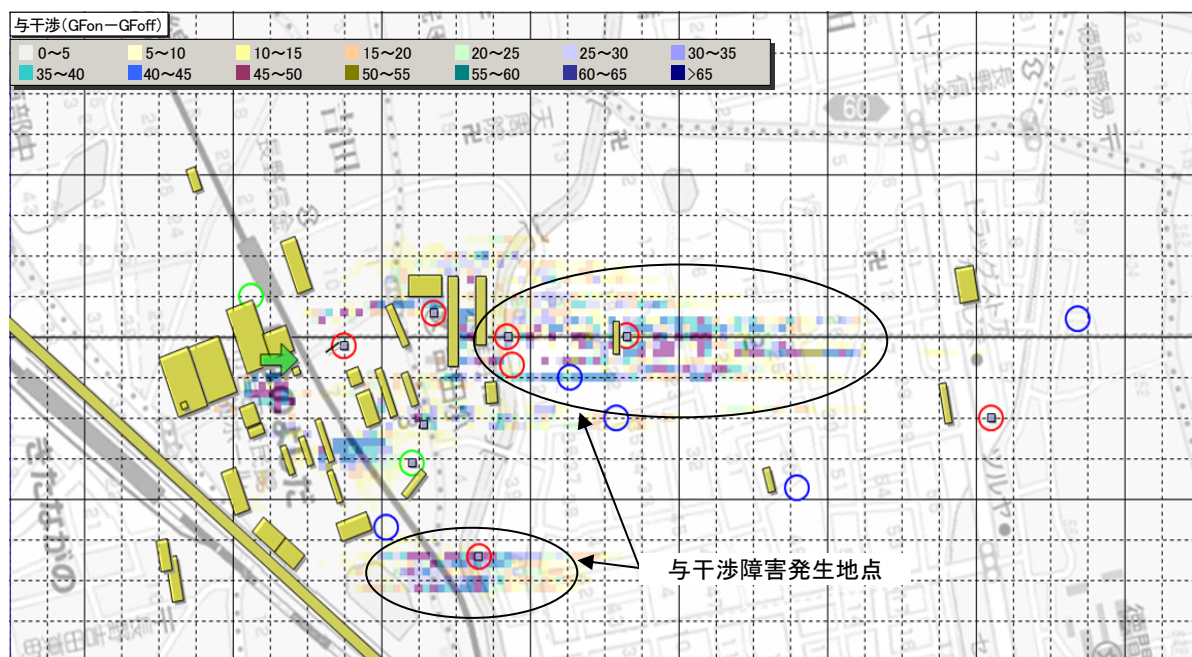


図2. 1. 2. 4. 2(B) SFN与干涉障害発生率(交差偏波送信)

同図(B)は、ギャップファイラー送信時の障害発生確率と長野局の遮蔽障害の発生確率の差分を地点毎にシミュレーションしたものである。図に示すように測定地点「学校裏」の後方や「川沿い」などの近傍でSFN与干涉障害が発生する。

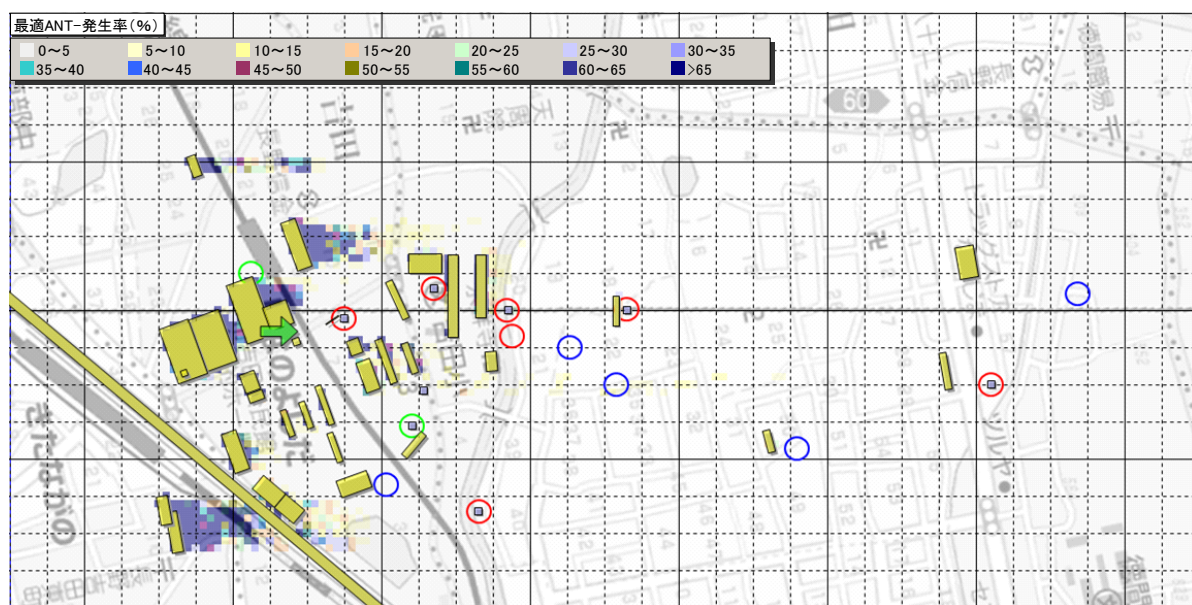


図2. 1. 2. 4. 2(C) 受信アンテナ最適化による障害解消(交差偏波送信)

同図(C)は、各地点の受信アンテナの偏波面を障害が軽減できる偏波面に適正化した場

第2章 建造障害対策用ギャップファイラー設置による二次的な障害の対応策

合のSFN与干渉障害の発生状況をシミュレーションしたものである。図に示すとおりSFN与干渉障害が解消されている。

次にギャップファイラーの電波を長野局と同一の偏波面(水平偏波)とした場合のシミュレーション結果を図2. 1. 2. 4. 3に示す。

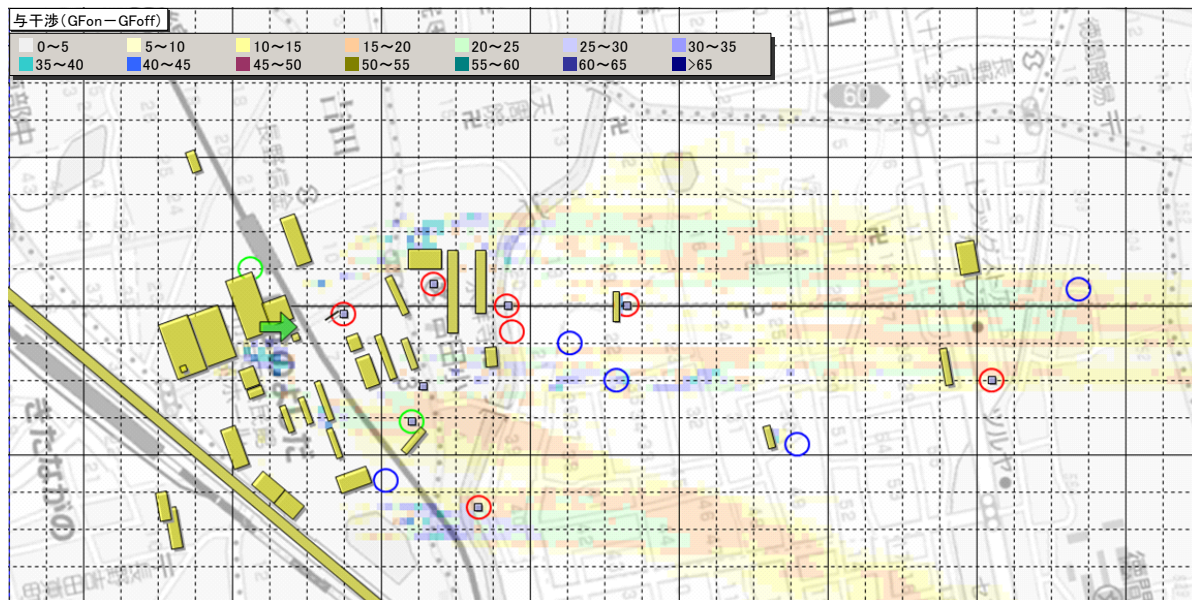


図2. 1. 2. 4. 3(A) SFN与干渉障害発生率(同一偏波送信)

同図(A)は、受信アンテナの方向を長野局に向けている場合のSFN与干渉障害の発生確率である。発生確率そのものは低いものの、広範囲にわたって影響が出ていることがわかる。

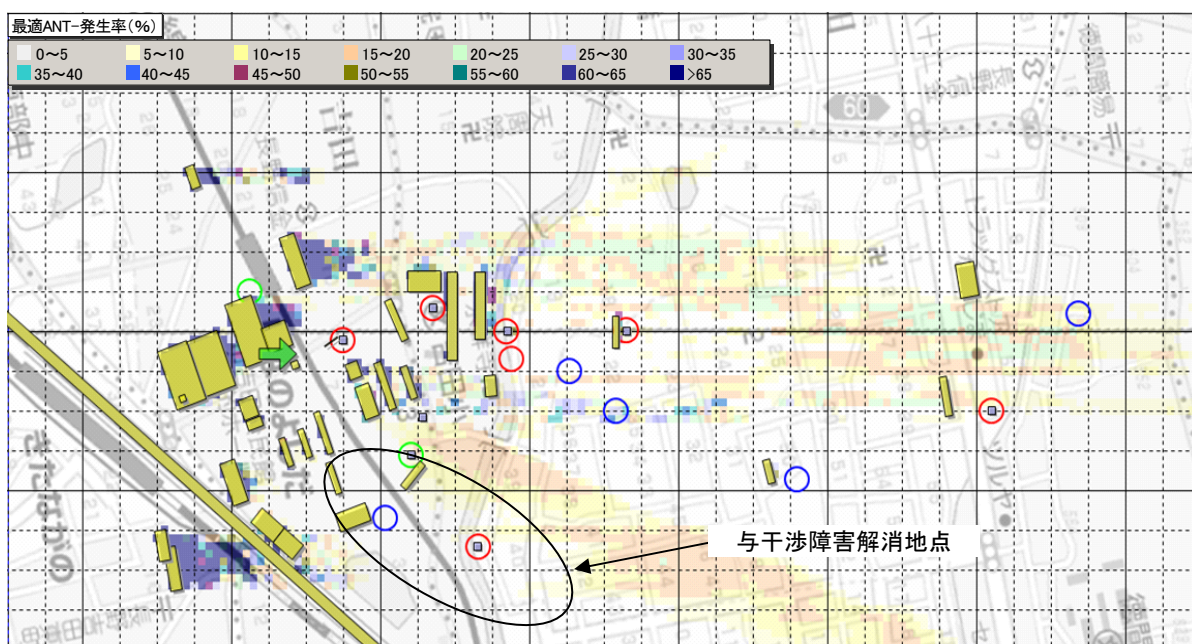


図2. 1. 2. 4. 3(B) 受信アンテナ最適化による障害解消(同一偏波送信)

同図(B)は、受信アンテナを最適な方向に調整した場合の障害解消状況を示したもので

ある。同一偏波のため、障害の解消方法は受信アンテナの方向調整となるため、交差偏波の時の様に劇的な障害解消とはならず、一部の地点のみの障害が解消する結果となった。

2. 1. 2. 5 送信チルトに関するシミュレーション

本試験で使用する5素子リングアンテナの指向特性は、指向角30度で-3dBであることから、このアンテナの指向特性をシミュレーターに入力し、チルト30度の場合とチルト0度で送信出力を3dB減力した場合の電界強度の比較を行った。

図2. 1. 2. 5は、ギャップファイラーの輻射方向のほぼ正面になる測定ポイントである「アパート」を中心に80m×90mの範囲内の電界強度をシミュレーションしたものである。どちらのグラフもほぼ同じようなグラフとなっていることから、チルトと減力とは電界強度において等価であると考えられる。

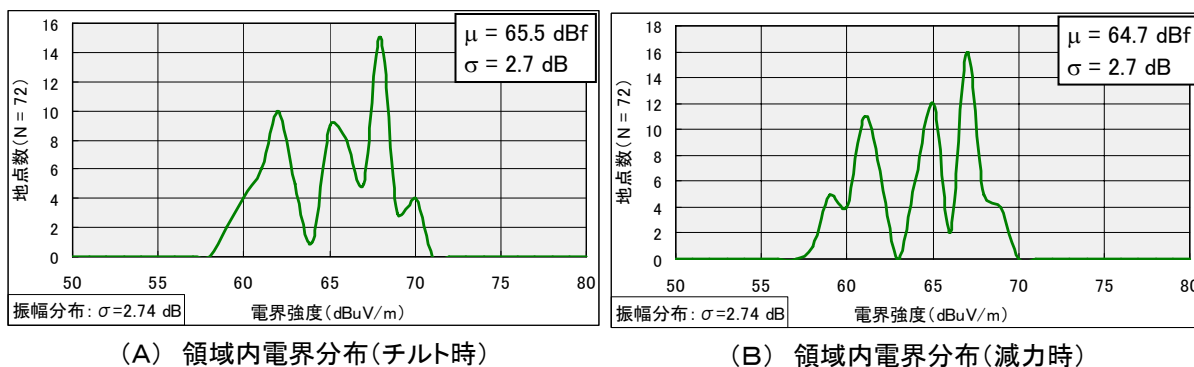


図2. 1. 2. 5 送信チルトと送信減力の比較

2. 1. 3 実地試験系統

本実地試験では、仮想の建造物障害の発生原因となる「マンション」(以下、単にマンションとする。)横の県道拡幅予定地内に設置したギャップファイラーを第1ギャップファイラーと称し、中部電力(株)吉田訓練所構内に設置したギャップファイラーを第2ギャップファイラーと称する。それぞれのギャップファイラーの試験系統は、図2. 1. 3. 1及び図2. 1. 3. 2のとおりである。

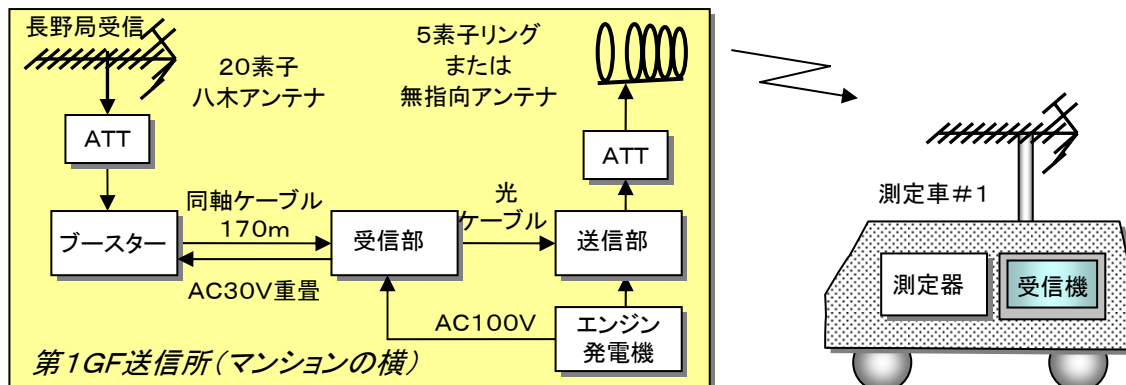


図2. 1. 3. 1 第1GF試験系統図

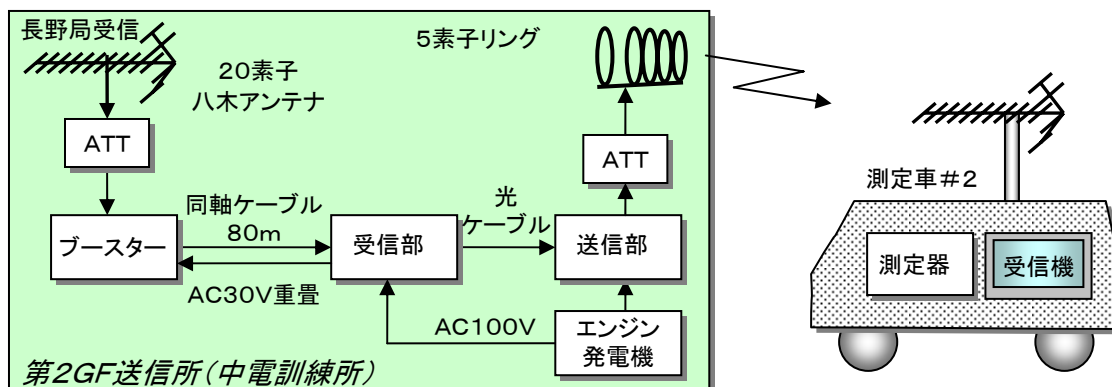


図2. 1. 3. 2 第2GF試験系統図

2. 1. 3. 1 第1ギャップファイラーの設置状況

「マンション」と「信濃吉田駅」を結ぶ連絡通路に親波受信用アンテナを設置し、長野局の信号(13～18ch)を受信した。受信信号は、可変減衰器を経由してブースター増幅器(利得35dB)に入力された後、170m長の同軸ケーブルにより、受信部に伝送される。

受信部では、チャンネル毎のレベル調整などの処理を行なった後、電気/光変換を行い、光信号は、600m長の光ケーブルを介して、高所作業車のバケット内に設置した送信機に接続され、光/電気変換されて送信機出力信号(各チャンネル10mW)となる。

送信機出力信号は、可変減衰器により実地試験に必要な電力に調整された後、送信アンテナより放射される。図2. 1. 3. 1. 1に第1ギャップファイラーの設置状況、図2. 1. 3. 1. 2に電測地点の一例を示す。また、表2. 1. 3. 1に第1ギャップファイラーの主要諸元を示す。

受信アンテナ直後に可変減衰器を挿入した理由としては、SFN与干渉障害の発生状況は、ギャップファイラー送信波自体のC/Nの影響を受けることから、実地試験では、信号のC/Nを可変して送信C/Nを所定の値に設定する必要があるために挿入したものである。なお、送信信号のC/Nを直接測定することができないため、送信機モニタ信号のMERを測定し、その値を代用することとした。

第1及び第2ギャップファイラーから発射された電波を区別するため、二つのギャップファイラー波間に遅延差を設けた。

第1ギャップファイラーの信号の遅延量は、同軸ケーブル(170m)で $1\mu\text{sec}$ 、受信部等の信号処理で $8\mu\text{sec}$ 、光ケーブル(600m)で $3\mu\text{sec}$ の合計 $12\mu\text{sec}$ である。第2ギャップファイラーの遅延量は、受信部等の信号処理による $8\mu\text{sec}$ である。従って、二つのギャップファイラー波間には、約 $4\mu\text{sec}$ の遅延差が与えられている。

図2. 1. 4. 1. 3に、第1ギャップファイラーの送信特性として、同図(A)は、13～25chにわたる周波数特性、同図(B)は、遅延特性、(C)は、周波数特性の詳細例で、15chのものである。他のチャンネルについては、資料編の(株)NHKアイテックの報告書を参照願いたい。



(A) 送信アンテナ設置バケット車



(B) GF全景



(C) GFサービスエリア方向を望む



(D) 親波受信アンテナ

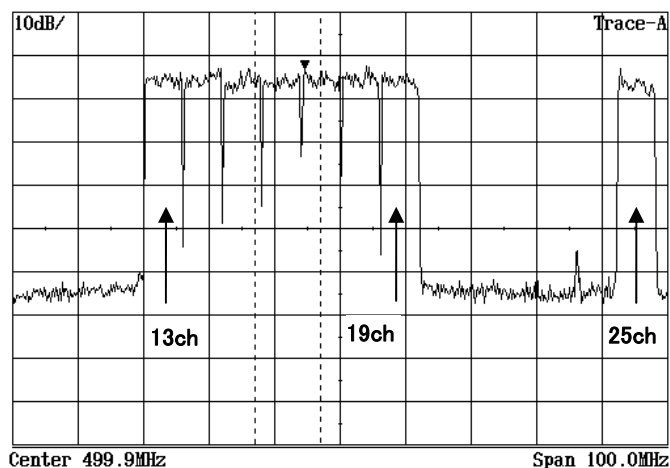
図2. 1. 3. 1. 1 第1GF設置状況



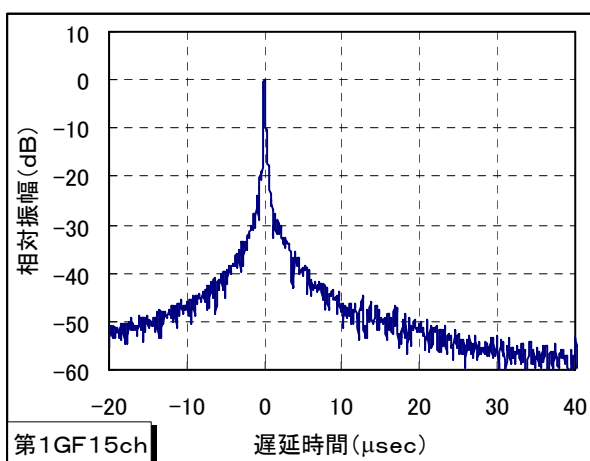
図2. 1. 3. 1. 2 電測地点の一例

表2. 1. 3. 1 第1GF主要諸元

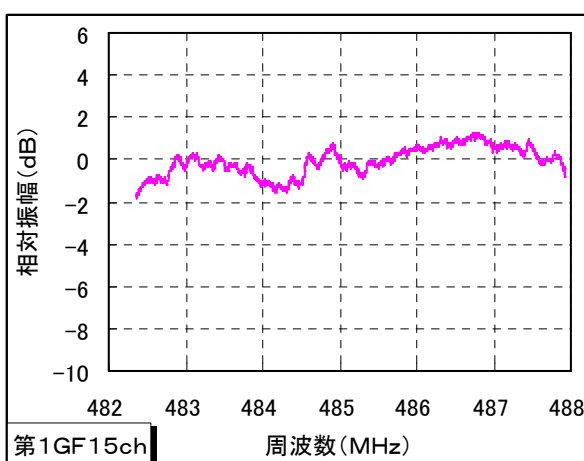
| 機材 | 主要機能/特性 | 備考 |
|----------|---|--|
| 受信アンテナ | 20素子八木、利得8dB | 地上高7m、13~18ch受信 |
| ブースター増幅器 | 利得35dB | 入力の変減衰器でC/N設定 |
| 同軸ケーブル | 7C2V: 170m | 遅延時間: 1 μ sec |
| 受信部 | レベル設定、ch変換、電気/光変換 | 遅延時間: 8 μ sec |
| 光ケーブル | 600m | 遅延時間: 3 μ sec |
| 送信機 | 光/電気変換、各ch10mW | 出力の変減衰器で送信電力調整 |
| 送信アンテナ | 5素子リング(水平偏波・垂直偏波兼用) 水平偏波・無指向 垂直偏波・無指向 | チルト角: 0度/15度/30度 チルト角: 0度 チルト角: 0度 |
| 送信アンテナ高 | 10m/15m/20m | 高所作業車に設置してアンテナ高を設定 |
| 送受回り込み | 観測されず(-40dB以下) | |
| 第2GF波の混入 | 観測されず(-40dB以下) | |



(A) 全チャンネル周波数特性



(B) 15ch遅延特性



(C) 15ch周波数特性

図2. 1. 3. 1. 3 第1GF送信特性

2. 1. 3. 2 第2ギャップファイラーの設置状況

第2ギャップファイラーは、中部電力(株)吉田訓練所構内に長野局受信用のアンテナとギャップファイラー送信アンテナを設置した。受信アンテナと送信アンテナとの離隔距離は約60mである。図2. 1. 3. 2. 1に第2ギャップファイラーの設置状況を、表2. 1. 3. 2に第2ギャップファイラーの主要諸元を示す。

なお、送信及び受信アンテナを設置した電柱の配電線へは、訓練施設であるため通電されていない。



図2. 1. 3. 2. 1 第2GF設置状況

表2. 1. 3. 2 第2GF主要諸元

| 機材 | 主要機能/特性 | 備考 |
|----------|----------------|----------------------|
| 受信アンテナ | 30素子八木、利得12dB | 地上高10m、13~18ch受信 |
| ブースター増幅器 | 利得35dB | |
| 同軸ケーブル | 7C2V:80m | |
| 受信部 | レベル設定、電気/光変換 | 遅延時間:8 μ sec |
| 光ケーブル | 50m | |
| 送信機 | 光/電気変換、各ch10mW | 出力に10dBの固定減衰器で送信電力抑制 |
| 送信アンテナ | 5素子リング | チルト角:0度、垂直偏波 |
| 送信アンテナ高 | 10m | 電柱に設置 |
| 送受回り込み | -20dB以下 | |
| 第1GF波の混入 | -20dB以下 | |

受信アンテナの設置位置については、①親波受信電界が高いこと、②送信アンテナからの離隔距離が大きいこと、③第1ギャップファイラー波の電界強度が低いことが望ましい条件であるが、①と②については、訓練所構内の東南隅が好条件となる。一方、東南隅の位置は第1ギャップファイラーが見通しとなるため、③の条件に関して不利となる。

ギャップファイラー間の干渉試験においては、一方のギャップファイラー波に他方のギャップファイラー波成分が含まれていると、測定結果の分析が複雑となるため、本試験では、上記③の条件を重視し、図2. 1. 3. 2. 2に示す「中部電力吉田寮」の建物遮蔽を利用することとした。ただし、この建物は3階建であり、遮蔽効果は大きくない。

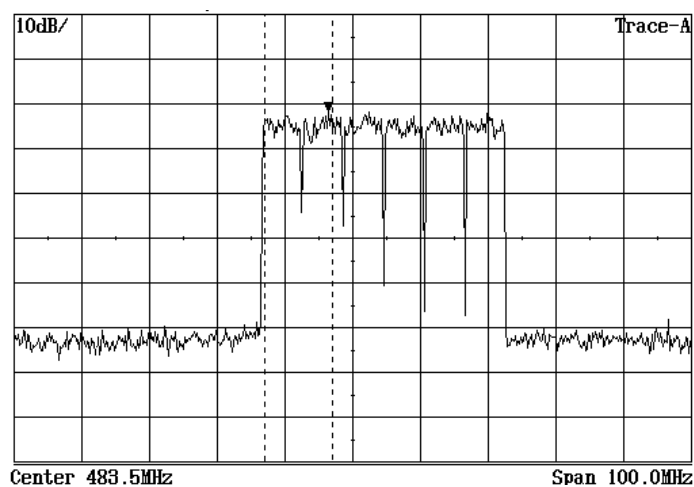
第2ギャップファイラーは、ギャップファイラー間の干渉試験にのみ使用するものであるため、表2. 1. 3. 2の諸元の送信条件に固定した。なお、送信電力については、予備試験の結果に基づき、1mWとした。



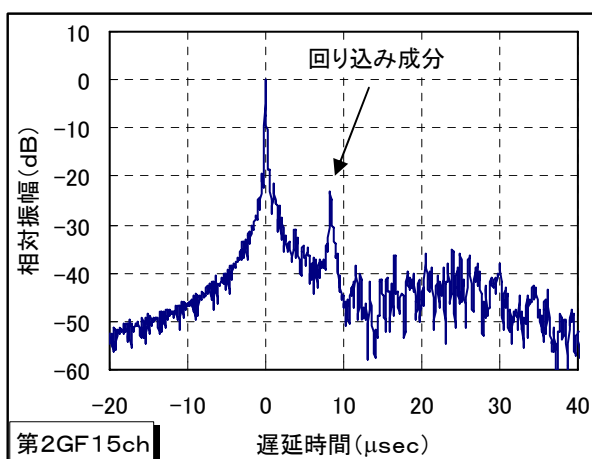
図2. 1. 3. 2. 2 第2GFの設置場所

図2. 1. 3. 2. 3の(A)から(C)は、第1ギャップファイラーが電波を発射しない時の周波数特性及び遅延特性である。遅延特性の中で遅延時間8 μ secの位置に回り込み成分が認められる。同図(D)および(E)は、第1ギャップファイラーが電波を発射した場合の第2ギャップファイラーの遅延特性及び周波数特性であり、回り込み成分のほかに遅延時間12 μ secの位置に第1ギャップファイラー波の成分が混入していることが認められる。他のチャンネルの特性

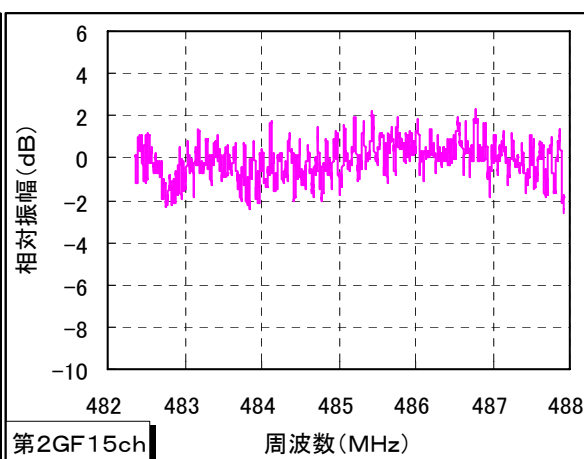
については、資料編(株)NHKアイテックの報告書を参照願いたい。



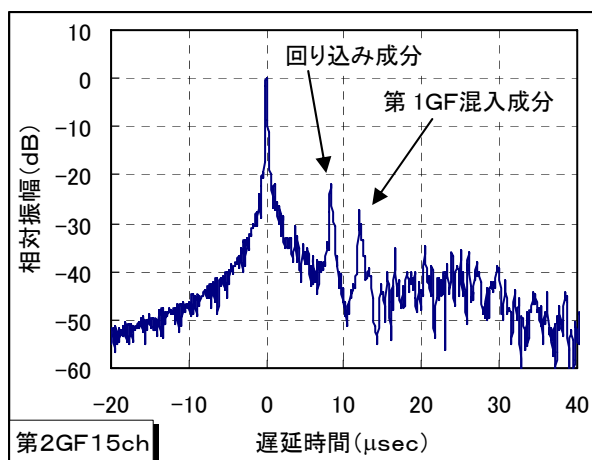
(A) 全チャンネル周波数特性(第1GF:OFF)



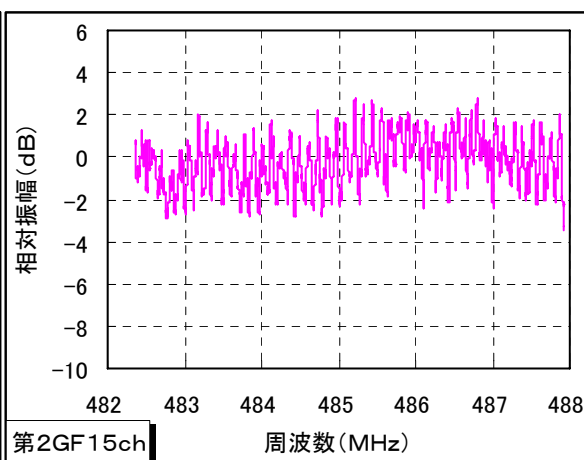
(B) 15ch遅延特性(第1GF:OFF)



(C) 15ch周波数特性(第1GF:OFF)



(D) 15ch遅延特性(第1GF:ON)



(E) 15ch周波数特性(第1GF:ON)

図2. 1. 3. 2. 3 第2GF送信特性

2. 1. 4 実地試験の測定結果

今回の実地試験の測定を大別すると①建造物による受信障害地点を特定する等のため長野局の電界強度の測定、②ギャップファイラーのサービスエリアを推定するためにギャップファイラー波の電界強度の測定、③SFN与干渉障害の測定、④ギャップファイラー間の干渉障害の測定の4つに分類することができる。

以下、測定結果を記載するが、詳細な測定データについては、資料編(株)NHKアイテックの報告書を参照願いたい。

2. 1. 4. 1 長野局の電界強度

長野局の電界強度測定は、建物遮蔽による受信障害地点を特定すること、ならびにフェーディングなどによる電界強度変動の確認を行なうことを主たる目的で実施した。

図2. 1. 4. 1. 1に各測定地点における電界強度の実測値と計算値を示す。各数値は、13～18chの平均値である。なお、図の電界強度分布グラフは、13～18chのほぼ中心のチャンネルである15chのデータである。計算値と実測値とは、測定地点「吉田交番」を除いてほぼ一致している。測定地点「吉田交番」が計算値と実測値が乖離している理由については、近隣建物からの反射波が到来しているものと考えられる。

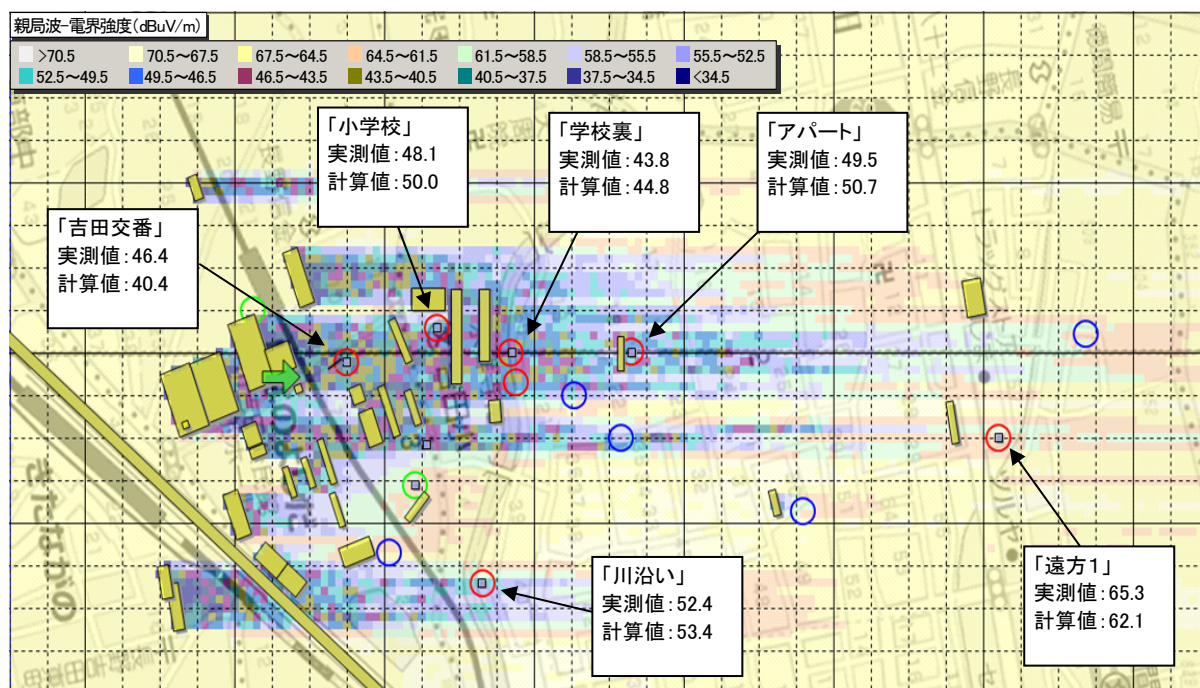
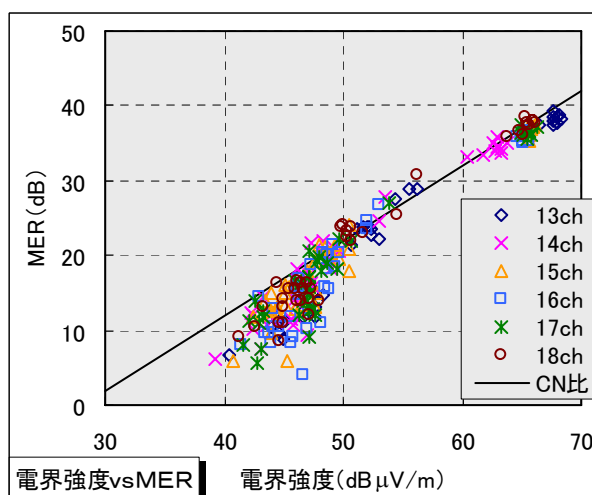


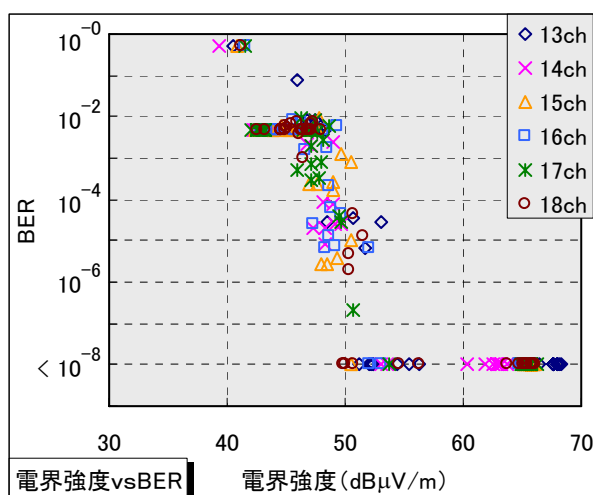
図2. 1. 4. 1. 1 親波電界強度の実測値と計算値

長野局の電界強度測定時に併せて取得したMER、BERおよび画質確認のデータを整理すると次のような結果となった。なお、画質確認は、1分間あたりに観察された画像破綻の回数で表わされている。

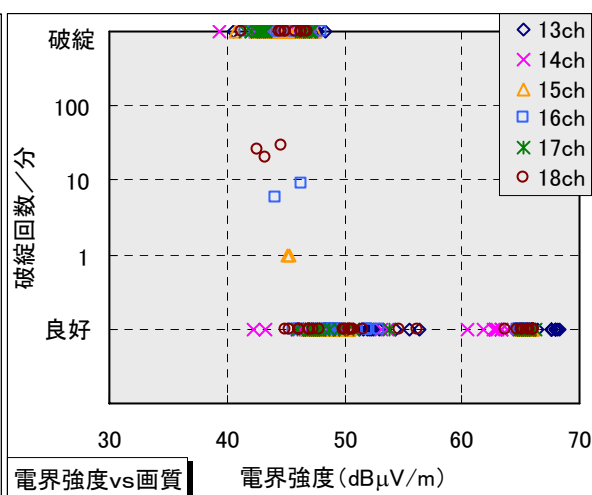
図2. 1. 4. 1. 2は、測定日時、測定地点、チャンネルを問わず、測定した全てのデータについて、電界強度と、MER、BER、破綻回数の関係をプロットしたものである。同図(A)は電界強度対MERの関係、(B)は電界強度対BERの関係、(C)は電界強度対破綻回数の関係である。なお、グラフ作成の都合上、BERが 10^{-8} 以下のものについては、 10^{-8} としてプロットしてある。



(A) 電界強度とMERの関係



(B) 電界強度とBERの関係



(C) 電界強度と破綻回数の関係

図2. 1. 4. 1. 2 電界強度と受信MERの関係

図(A)のように、電界強度の高い領域では、MERは電界強度に概ね比例しているが、電界強度の低い領域では、MERと電界強度との相関性が低下している。同図の直線はC/Nの計算値(雑音指数≒5dB)であるが、これと比較すると、電界強度が $50\text{dB}\mu\text{V/m}$ 以上の領域では両者は一致しているが、それ以下では、MERの劣化する割合が大きくなっている。

電界強度が $50\text{dB}\mu\text{V/m}$ 以下の測定地点は、建物遮蔽の領域であるため反射波などの影響を受けて、マルチパス環境(ガードインターバル内の遅延)となっている場合が多く、結果としてMERの測定値に影響が生じていることも考えられる。

図2. 1. 4. 1. 3は、マルチパス特性と受信画質の関係を示すものである。いずれも受信下限に近い弱電界地点におけるものである。同図(A)は、軽度のマルチパスの場合、(B)は劣悪なマルチパスの場合である。電界強度およびMER測定値は、両者ほぼ同一であるが、BERならびに受信画質は異なるものとなっている。この例のように、マルチパス特性が

異なってもMER測定値は同じ値となる場合がある。一方、同図(C)および(D)は、マルチパス特性がほぼ同じであってもMER測定値が異なる例である。

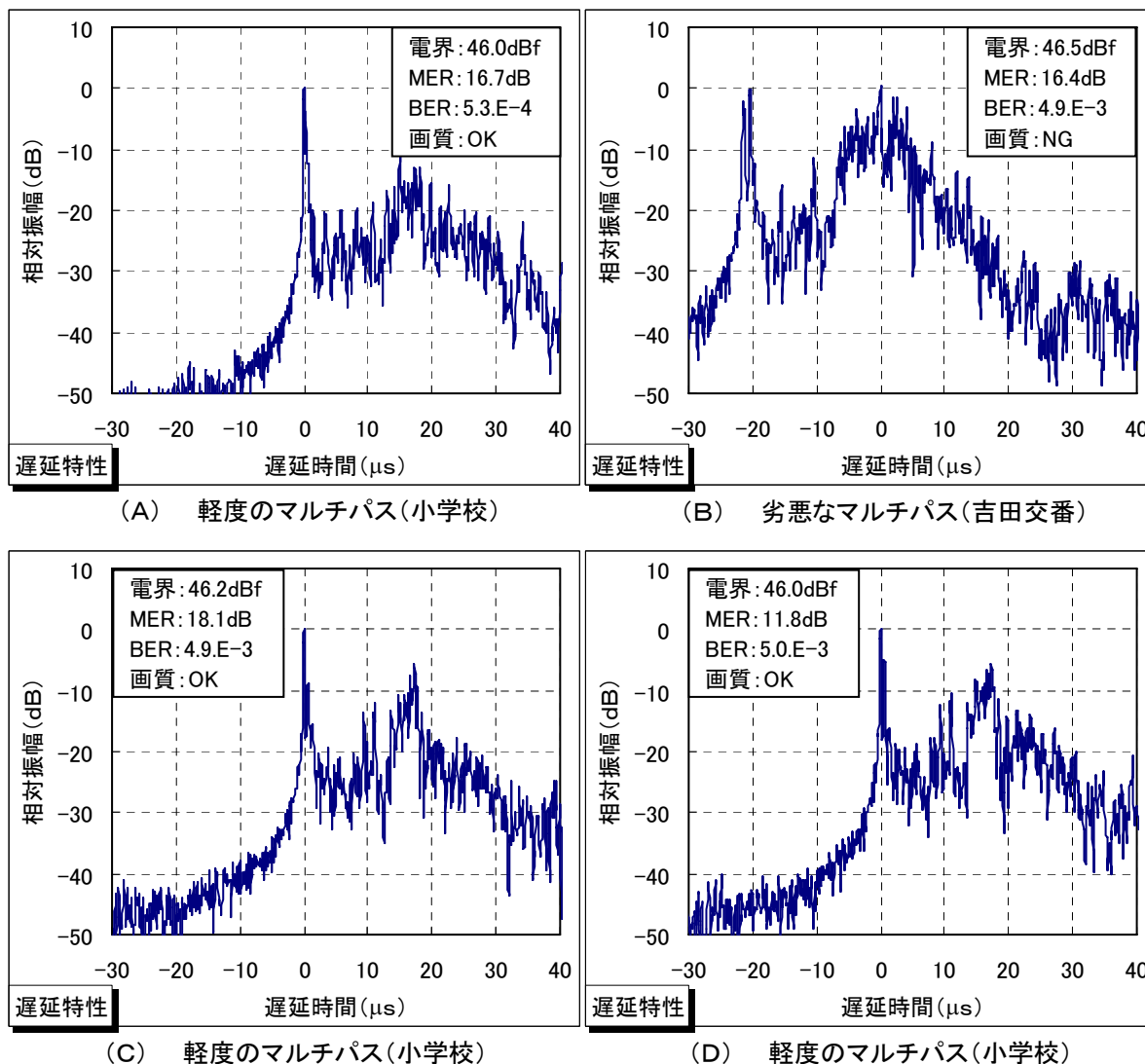


図2. 1. 4. 1. 3 マルチパス特性と受信画質の関係

以上のように、MERが20dBを下回ると、MERの測定値とBERや受信画質との関係は、一様でなくなっている。これが本質的なものであるか、あるいは、測定器の性能であるのか、現時点では不明である。

2. 1. 4. 2 送信アンテナのチルト効果の測定

実地試験で使用した5素子リングアンテナの場合、チルト30度と送信電力を3dB低減することは同一の効果になることを事前検討で検証した。測定データをまとめると表2. 1. 4. 2のとおりとなり、チルト30度と3dBの送信電力の低減とは、1dB程度の差異になっていることから、事前検討の検証結果が正しいことが裏付けされた。

なお、送信アンテナ高15m、測定地点「遠方1」、25chのデータは、誤測定と推定される

ため、除外した。

表2. 1. 4. 2 GF送信アンテナのチルトと送信電力減力

| GF 送信条件 | | | 30度 - 0度3dB減力 (dB) | | |
|---------|------|-----------------|--------------------|------|-------|
| GF 高(m) | アンテナ | 偏波/チルト | 測定場所 | 19ch | 25ch |
| 10 | 5素子 | V/30 - V/0減力3dB | 遠方1 | 0.1 | -0.8 |
| 15 | 5素子 | V/30 - V/0減力3dB | 遠方1 | -0.6 | 10.4* |
| 20 | 5素子 | V/30 - V/0減力3dB | 遠方1 | -1.4 | -2.2 |
| 10 | 5素子 | V/30 - V/0減力3dB | 小学校 | -1.6 | -1.1 |
| 15 | 5素子 | V/30 - V/0減力3dB | 小学校 | -0.4 | 0.0 |
| 20 | 5素子 | V/30 - V/0減力3dB | 小学校 | -0.3 | -1.4 |
| 平均値 | | | | -0.7 | -1.1 |

*: 測定誤りと推定されるため平均値算出では除外

2. 1. 4. 3 送信アンテナの偏波による電界強度の差異

実地試験に使用した5素子リングアンテナを水平偏波で送信した場合の電界強度と垂直偏波で送信した場合の電界強度の比較測定を行った。

水平偏波送信時の受信電界と垂直偏波の場合との差分データ(水平偏波-垂直偏波)について、累積分布をとったものが図2. 1. 4. 3である。同図中、ドット付きの折れ線グラフは、差分データの累積値であり、滑らかな曲線は、差分データの平均値および標準偏差を用いた正規分布関数である。差分データの累積分布と正規分布関数は、ほぼ一致していることから、差分データは、平均値が約-3dB、標準偏差が約4dB の正規分布しているものとみなせる。この結果から水平偏波の方が約3dB電界強度が低いこととなるが、送信高、チルト、測定地点等に依存した法則性が見出せないことから、この理由は解明に至っていない。

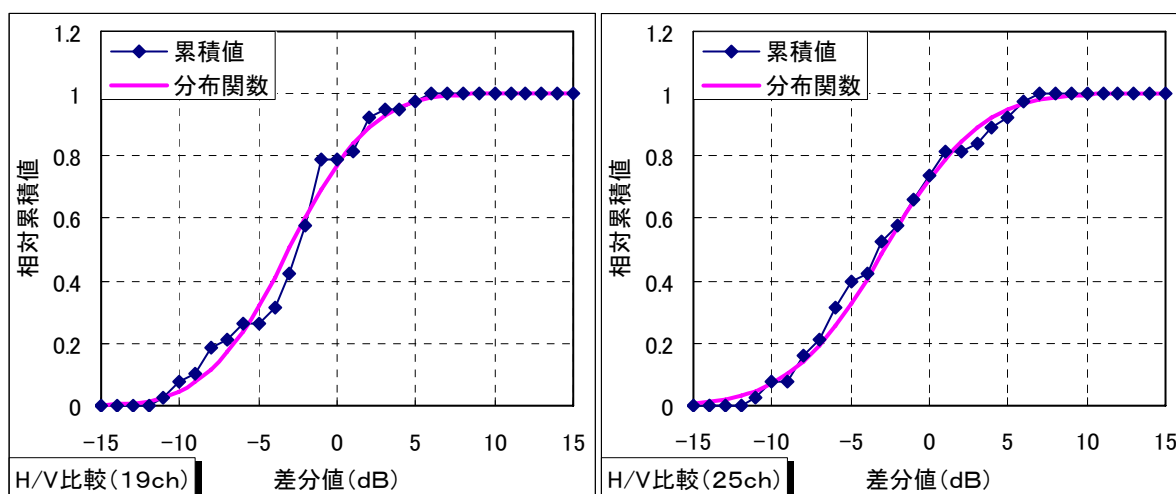


図2. 1. 4. 3 水平偏波と垂直偏波の差異

2. 1. 4. 4 交差偏波識別度の測定

ギャップファイラー送信高や偏波などの送信条件ごとに、送信波と同一の偏波面ならびにそれと直交する偏波面に受信アンテナを設定して、受信電圧を測定した。それぞれの条件において、両測定電圧の差をとり、これを交差偏波識別度とみなすこととした。図2. 1. 4. 4. 1に、電界強度と交差偏波識別度の関係を測定地点ごとにプロットしたものを示す。なお、電界強度は、送信波と同一偏波面で受信したときの受信電圧から求めたものである。

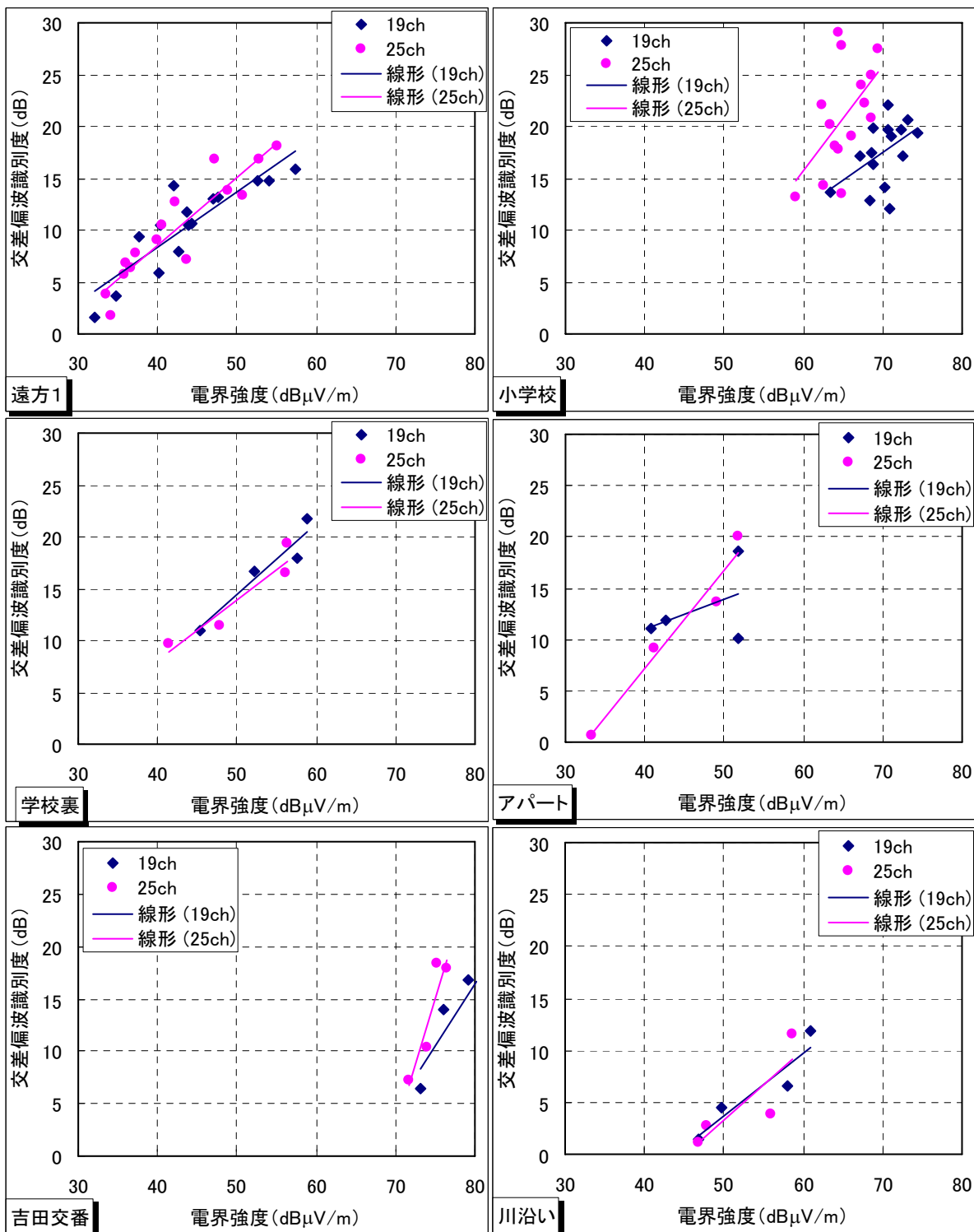


図2. 1. 4. 4. 1 交差偏波識別度

図2. 1. 4. 4. 1に示すように、電界が強い場合には、交差偏波識別度が高くなり、電界が弱い場合には、低くなる傾向が見られる。しかし、電界強度が同じであっても、測定地点のより、識別度の値は異なっており、測定地点依存性も見られる。

送信高を高くした場合、送受信間に存在する建造物遮蔽が減少することになり、測定地点にはギャップファイラーからの直接波の割合が増加する。直接波は偏波面を保持しているので直接波の増加に伴い、送信波と同一偏波面で受信しているアンテナの出力は大きくなり、受信電界強度の増大とともに、交差偏波識別度も向上する。このことが電界強度依存性を示す理由である。

一方、反射波や遮蔽領域に到来する回折波は、偏波面回転を生じている場合もある。反射波や回折波の到来量は送受間の建造物の状況や測定地点周辺の建造物の状況により、測定地点ごとに異なることとなる。このことが、測定地点依存性を示す理由である。

サービスエリア内には多くの受信者が面的に存在しており、そのエリアに対してどの程度の交差偏波識別度を想定すれば良いかと言うことは、ギャップファイラーの設計に大きな影響を与えるため、上記で得られた交差偏波識別度の分布を調べた。

図2. 1. 4. 4. 2に交差偏波識別度の累積値とそれに対応する正規分布関数を示す。図のように、識別度は、平均値14.4dB、標準偏差6dBの正規分布とみなすことができる。交差偏波識別度の平均値が14~15

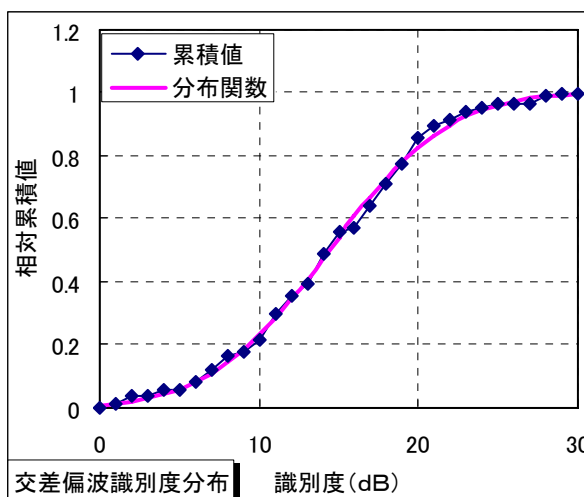


図2. 1. 4. 4. 2 交差偏波識別度の分布

dBというのは、ITU-Rのレポートや我が国のチャンネル検討で用いる値(16dB)と整合している。また、その標準偏差が6dBというのも、ITU-R勧告の値(5.5dB)とも整合している。したがって、ギャップファイラーの設計で用いる交差偏波識別度の値としては、平均値が15dB、標準偏差6dBの分布を仮定するのが適切と考えられる。

交差偏波識別度が平均で15dBであるということは、15dB以上の識別度が確保できる場所が、全体の50%であるということである。裏返して言えば、残り50%の場所では、15dBが確保できないということである。したがって、ギャップファイラーの設計においては、どの程度の場所率を想定するかということが重要となる。例えば、場所率90%を確保するものとするれば、平均値から標準偏差の1.6倍を減じた値を用いなければならない。具体的に言うと、場所率90%の交差偏波識別度は、約5dB(≒15dB-6dB×1.6)ということになる。

2. 1. 4. 5 ギャップファイラーのサービスエリアの測定

ギャップファイラーのエリアの測定では、各測定地点の計算値と実測値との比較を行った。

図2. 1. 4. 5. 1は、ギャップファイラーの送信アンテナが5リングアンテナの場合の電界強度 $60\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ の計算値のコントアと各測定地点における計算値と実測値の比較である。

なお、計算値のコントアは、チャンネルによる差異がほとんどないことから、15chのコントアを使用している。また、計算値及び実測値はいずれも13~19及び25chの平均値であり、地上高15mについては全ての測定地点で測定を行っていないため、比較を省略した。

同図を見ると「吉田の銀杏」と「吉田小学校」校舎がエリア内の主要遮蔽物体となっていることがわかる。このシミュレーション計算では、比較的大きな建物と各測定地点直近の遮蔽物以外は考慮されていない。実際には、これら以外の建物遮蔽のためエリアが狭まくなることに注意が必要である。特に、送信高10mにおいては、2階建住宅(8m高)でも多重遮蔽となる場合があり、その影響があるものと考えられる。

シミュレーションの精度を確かめるため、各測定地点におけるギャップファイラー波電界強度の測定値と計算値の比較を行った結果を図2. 1. 4. 5. 2に示す。

ギャップファイラー送信高20mの場合、測定地点「遠方1」~「アパート」については、測定値と計算値はよく一致している。

ギャップファイラー送信高10mの場合、「小学校」と「吉田交番」では、両者は概ね一致しているが、それ以外の測定地点では、測定値が計算値より5~10dB程度低くなっている。

以下、この測定値と計算値の乖離について考察する。

測定地点「川沿い」は、周辺場所と比べて3m程度低くなっている。そのため実際には、測定条件である受信アンテナ高10mより低い7m程度のアンテナ高で測定していることになっている。

図2. 1. 4. 5. 3は、測定地点「川沿い」におけるハイトパターンの計算値である。

受信高を7mとすると、電界強度は、4dB低くなることになる。これを考慮して計算値を4dB低くするものとする、送信高20mの場合には、測定値と計算値は一致する。

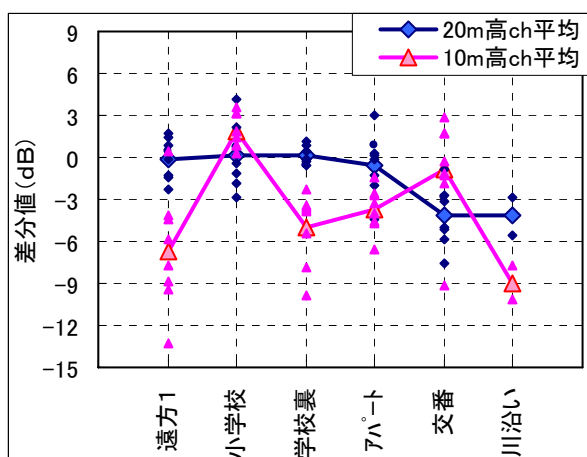


図2. 1. 4. 5. 2 GF電界強度の実測/計算比較

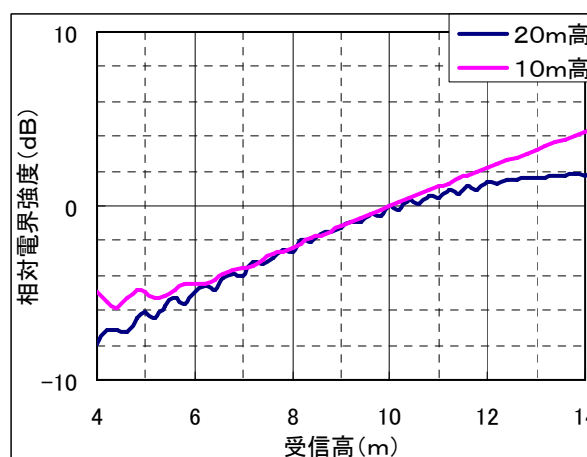
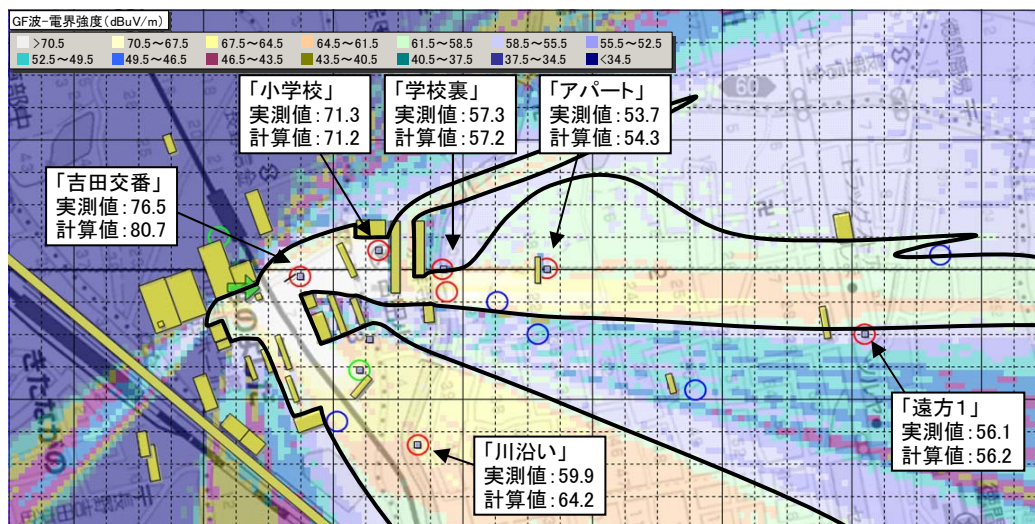
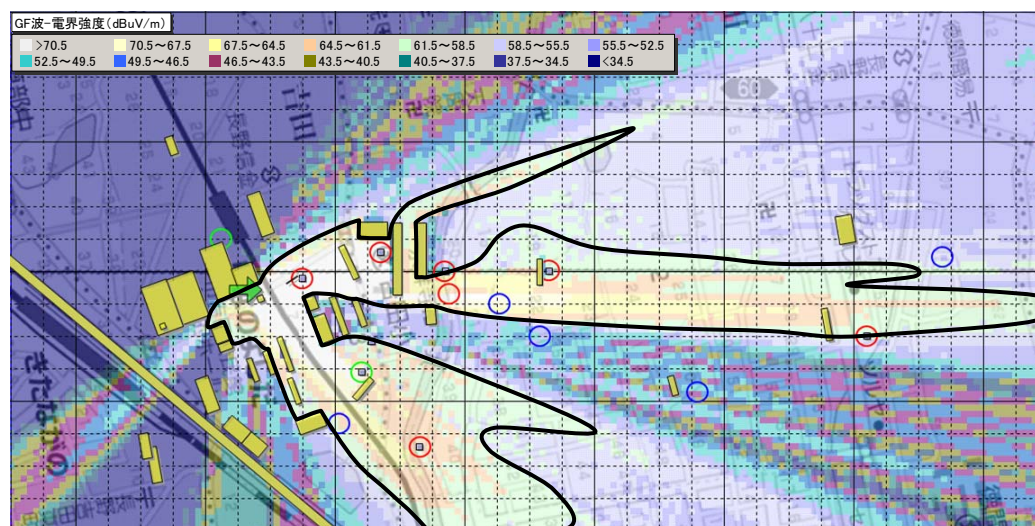


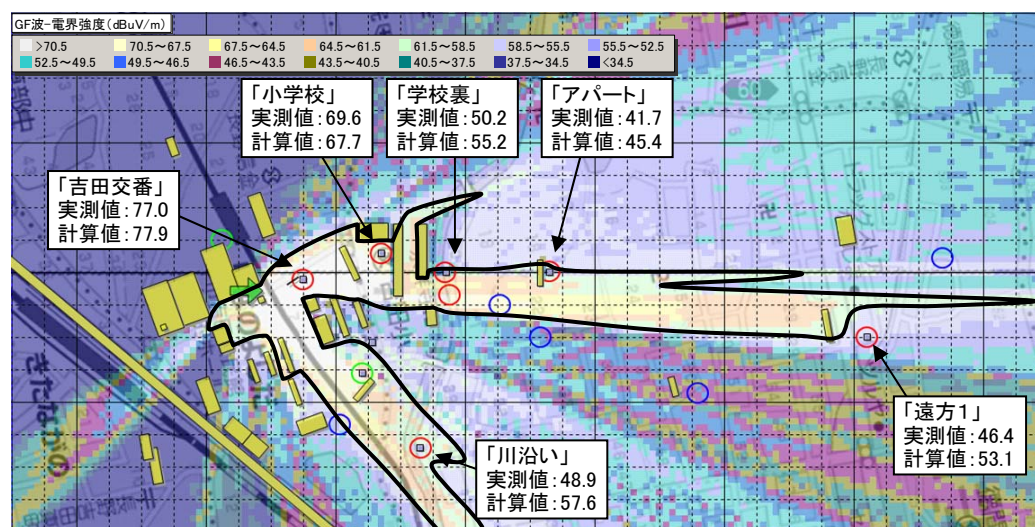
図2. 1. 4. 5. 3 「川沿い」のハイトパターン計算値



(A) GF送信高20m



(B) GF送信高15m



(C) GF送信高10m

図2. 1. 4. 5. 1 GFのサービスエリア(送信アンテナ:5リング)

送信高10mの場合には、ハイトパターンによる補正を行っても計算値と実測値に5dBの程度の乖離が生じるが、この点については後述する。

測定地点「吉田交番」については、交番沿いの道路に設置されている配電線の影響が考えられる。この場所の測定高は6mとしたため、図2. 1. 4. 5. 4に示すように、送信高20mの場合、ギャップファイラー波は配電線を横切って測定アンテナに到達するため、配電線による減衰を受けるものと推定される。一方、送信高10mの場合には、配電線を横切ることがないため、配電線の影響は小さいものと考えられる。シミュレーション計算では、配電線の影響は考慮されていないため、送信高20mの場合に測定値と計算値の乖離が大きくなるものと考えられる。

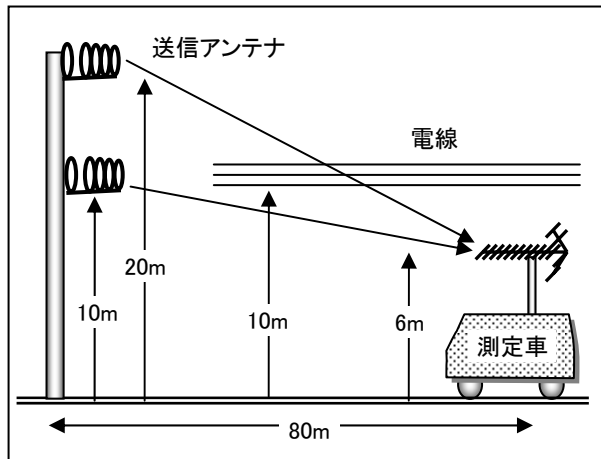


図2. 1. 4. 5. 4 「吉田交番」前の電線の影響

送信高10mの場合については、シミュレーション計算では考慮されていない一般住宅(2階建住宅とすると地上高は8m程度である。)による遮蔽減衰の影響があるものと考えられる。図2. 1. 4. 5. 5はその説明図である。

送信アンテナから放射された電波は、フレネルゾーン内に広がって伝搬していくが、図のように送信高が低い場合、多くの住宅がフレネルゾーン内に位置することになり、伝搬損失が増加する。送信高20mの場合でも同様の伝搬損失は生じるが、その程度は、10mの場合より小さい。送信高10mの場合に、測定地点「遠方1」、「アパート」及び「川沿い」において、この一般住宅の影響が現われているものと推測される。

以上の考察を踏まえると、シミュレーションの計算結果は、送信高20mについてはほぼ正確に、また、送信高10mについては数dB以内の誤差で計算されているとみなすことができる。

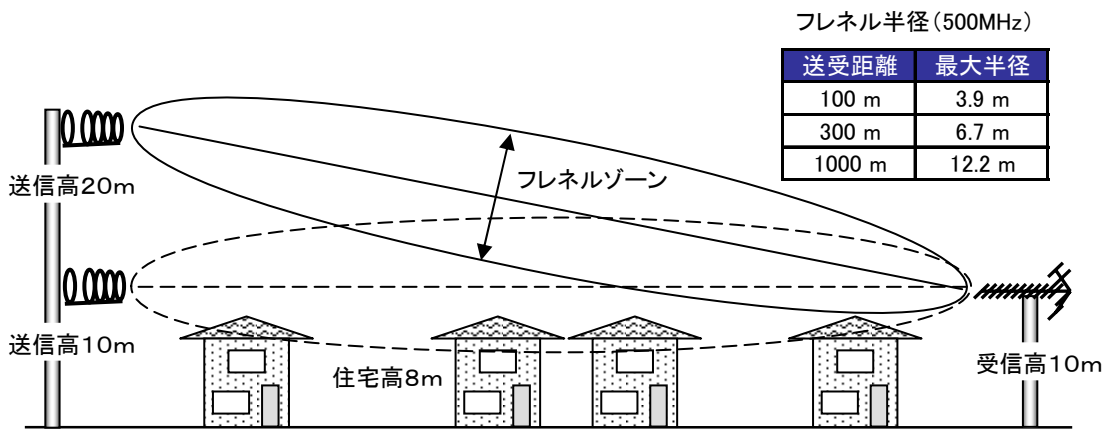


図2. 1. 4. 5. 5 GF送信高と伝搬損失

2. 1. 4. 6 SFN与干渉障害の測定(交差偏波送信の場合)

SFN与干渉障害の発生条件の明確化とその障害解消手段の検証を行なった。SFN与干渉障害とは、親波が受信可能な場所が、ギャップファイラーの電波の発射に伴い、受信不能になることを指す。

表2. 1. 4. 6は、ギャップファイラーを交差偏波送信の場合で、測定地点「学校裏2」がSFN与干渉障害地点となるような送信条件の場合に、各測定地点の受信状況をまとめたものである。表の灰色で網掛けした部分は、ギャップファイラーの電波を止めた状態における長野局の受信状況である。また、表の画像破綻回数が「999」と表示されているものは、受信不能であること、アンテナ方向で「親」と表示されているものは、長野局方向をそれぞれ示している。

表を見ると測定地点「学校裏2」の地点でギャップファイラーの電波を発射することにより、干渉障害が発生していることがわかる。これに対して、測定地点「遠方1」、「小学校」及び「アパート」ではギャップファイラーの電波を発射しても干渉障害は発生しない。なお、測定地点「学校裏」及び「吉田交番」については、長野局の電波が受信できないことから干渉障害の検討から除外される。

表2. 1. 4. 6 SFN与干渉(交差偏波送信)

| 送受条件 | 測定条件 | | | | 画像破綻回数 | | | | | |
|--------|-------|------|------|-------|--------|------|------|------|------|------|
| | 送信CNR | 測定場所 | ANT高 | ANT方向 | ANT偏波 | 13ch | 14ch | 15ch | 16ch | 17ch |
| GfOff | 学校裏2 | 7.5 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 0 |
| CN26dB | 学校裏2 | 7.5 | 親 | H | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| CN26dB | 学校裏2 | 7.5 | GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN30dB | 学校裏2 | 7.5 | 親 | H | 5 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| CN30dB | 学校裏2 | 7.5 | GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN 最大 | 学校裏2 | 7.5 | 親 | H | 1 | 30 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| CN 最大 | 学校裏2 | 7.5 | GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GfOff | 遠方1 | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | 遠方1 | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | 遠方1 | 10 | GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GfOff | 小学校 | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | 小学校 | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | 小学校 | 10 | GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GfOff | アパート | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | アパート | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | アパート | 10 | GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN30dB | アパート | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN30dB | アパート | 10 | GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN 最大 | アパート | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN 最大 | アパート | 10 | GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GfOff | 学校裏 | 10 | 親 | H | 999 | 999 | 1 | 999 | 999 | 30 |
| CN26dB | 学校裏 | 10 | 親 | H | 999 | 999 | 32 | 999 | 999 | 0 |
| CN26dB | 学校裏 | 10 | GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GfOff | 吉田交番 | 6 | 親 | H | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| CN26dB | 吉田交番 | 6 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | 吉田交番 | 6 | GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

SFN与干渉障害の程度は、ギャップファイラーから送信される電波の品質(送信C/N)にも関係し、送信C/Nが劣化すると、障害の程度がひどくなる場合や障害発生領域が広がる場合がある。測定地点「学校裏2」のデータを見ると、送信C/Nを26dBから向上すると、13chと14chで障害が軽減する傾向を読み取ることができる。

測定地点「学校裏2」において、送信C/Nが26dBという劣悪な条件であっても、受信アンテナを水平偏波から垂直偏波(ギャップファイラー波と同一)にすると、受信波が長野局からギャップファイラー波に変わり障害は解消されている。ギャップファイラー波を交差偏波で送信した場合は、受信アンテナの偏波面を最適化することにより、障害が解消されることがわかる。

図2. 1. 4. 6は、長野局と同一(水平偏波)の受信アンテナで受信した場合と長野局と交差偏波(垂直偏波)の受信アンテナで受信した場合の遅延特性を示す。交差偏波受信により、D/Uが23dB程度、改善されている。

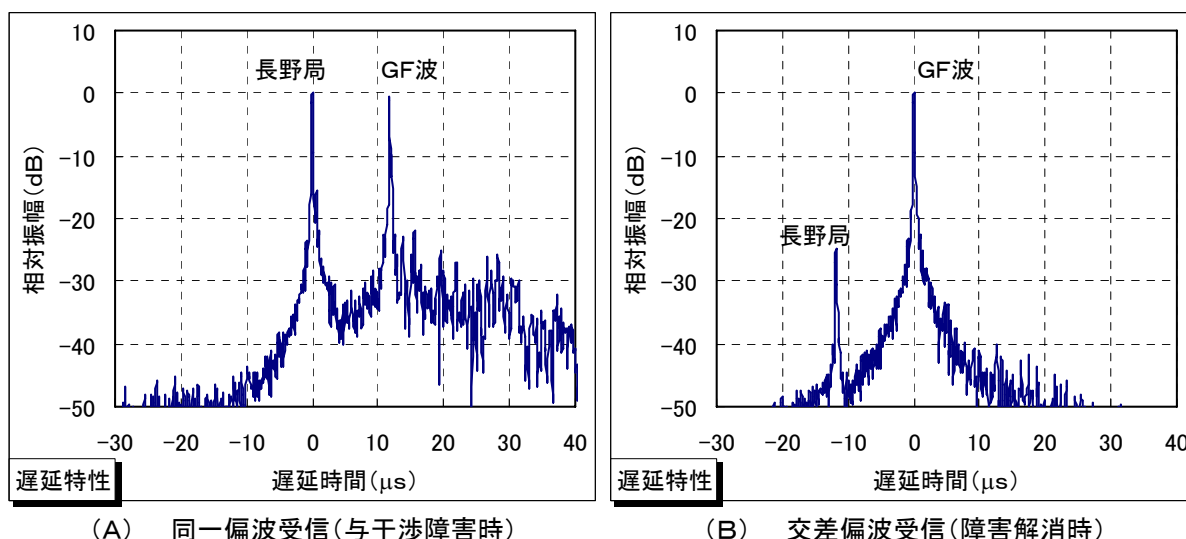


図2. 1. 4. 6 交差偏波受信による与干渉障害の解消

2. 1. 4. 7 SFN与干渉障害の測定(同一偏波送信の場合)

前節と同様な検討を長野局と同一の偏波で送信するギャップファイラーの場合についても実地試験を行った。事前検討の結果からSFN与干渉障害の発生地点を測定地点「川沿い」に設定した。この測定地点は、今回の実地試験の測定地点6箇所の内、長野局の電波とギャップファイラーの電波の到来角度差が最も大きい測定地点である。

表2. 1. 4. 7は、測定地点「川沿い」がSFN与干渉障害の発生地点となるような送信条件の場合における各測定地点の受信状況をまとめたものである。(表の見方については前節と同様である。)

表を見ると測定地点「川沿い」の地点でギャップファイラーの電波を発射することにより、干渉障害が発生していることがわかる。これに対して、測定地点「遠方1」及び「アパート」ではギ

ギャップファイラーの電波を発射しても干渉障害は発生しない。なお、測定地点「学校裏」及び「吉田交番」については、長野局の電波が受信できないことから干渉障害の検討から除外される。

測定地点「川沿い」は、ギャップファイラーの電波を発射する前は、全てのチャンネルが受信可能となっているが、ギャップファイラーの電波の発射にともない、15～18chに障害が発生している。また、障害の程度は、ギャップファイラーの送信C/Nの向上にしたがい、軽減する傾向も見られる。

表2. 1. 4. 7 SFN与干渉(同一偏波送信)

| 送受条件 送信CNR | 測定条件 | | | | 画像破綻回数 | | | | | |
|---------------|------|------|-------|-------|--------|------|------|------|------|------|
| | 測定場所 | ANT高 | ANT方向 | ANT偏波 | 13ch | 14ch | 15ch | 16ch | 17ch | 18ch |
| GFOff | 川沿い | 8 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | 川沿い | 8 | 親 | H | 0 | 0 | 999 | 8 | 40 | 6 |
| CN26dB | 川沿い | 8 | GF | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN30dB | 川沿い | 8 | 親 | H | 0 | 0 | 999 | 1 | 20 | 1 |
| CN30dB | 川沿い | 8 | GF | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN最大 | 川沿い | 8 | 親 | H | 0 | 0 | 999 | 0 | 0 | 0 |
| CN最大 | 川沿い | 8 | GF | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GFOff | 遠方1 | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | 遠方1 | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | 遠方1 | 10 | GF | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN30dB | 遠方1 | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN30dB | 遠方1 | 10 | GF | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN最大 | 遠方1 | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN最大 | 遠方1 | 10 | GF | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GFOff | アパート | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | アパート | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | アパート | 10 | GF | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GFOff | 小学校 | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 999 | 9 | 0 | 0 |
| CN26dB | 小学校 | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | 小学校 | 10 | GF | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GFOff | 学校裏 | 10 | 親 | H | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| CN26dB | 学校裏 | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | 学校裏 | 10 | GF | V* | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| GFOff | 吉田交番 | 6 | 親 | H | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| CN26dB | 吉田交番 | 6 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | 吉田交番 | 6 | GF | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

*: 本来H偏波に設定すべきところ誤設定した。そのため、この行のデータは無効。

測定地点「川沿い」において、受信アンテナの方向を長野局方向からギャップファイラー方向に調整することにより、障害が解消されている。したがって、同一偏波送信の場合でも、SFN与干渉障害を解消できる場合があることがわかる。受信アンテナの方向を長野局に向けた場合とギャップファイラーに向けた場合の遅延特性を図2. 1. 4. 7に示す。障害は解消されているものの、D/Uの改善量は、約10dBであり、交差偏波受信の場合の約23dBよりも小

さくなっている。

このように受信アンテナの方向調整で障害の解消ができた理由としては、測定地点「川沿い」が、長野局方向とギャップファイラー方向とが異なっていたためである。両者が同一方向もしくは、それに近い場合には、受信アンテナの方向調整を行なっても、長野局とギャップファイラー波との比(D/U)は、ほとんど変わらないため、障害の解消は期待できない。

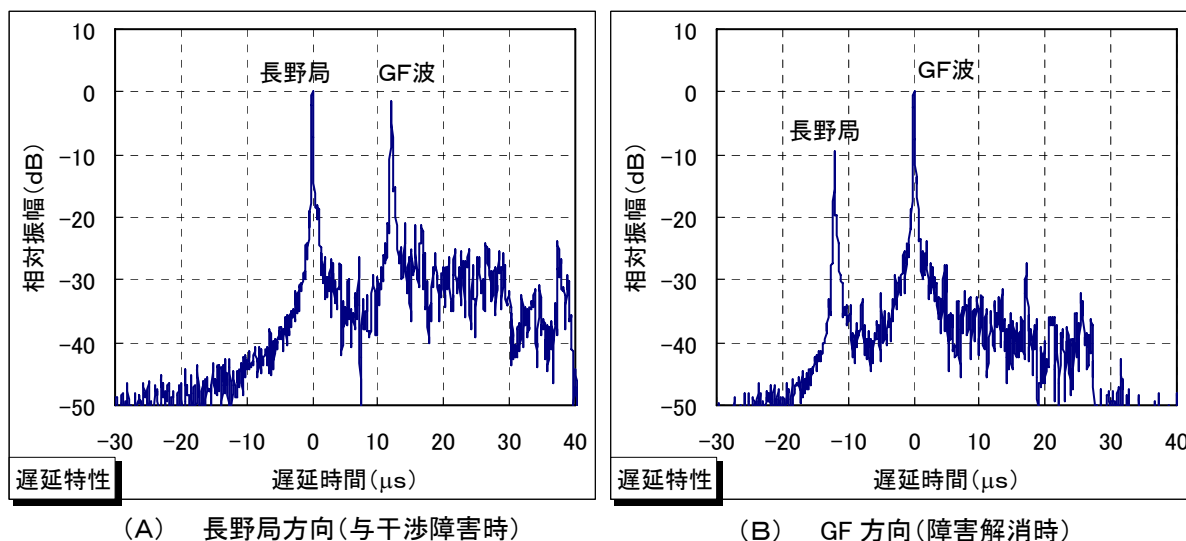


図2. 1. 4. 7 受信アンテナ方向調整による与干涉障害の解消

2. 1. 4. 8 ギャップファイラー間干渉

ギャップファイラー間干渉とは、最初に設置されたギャップファイラーにより受信可能となった地点が、近傍に設置された後発のギャップファイラーによって受信不能となる状況である。

実地試験では、中部電力吉田訓練所の「第2ギャップファイラー」が先行して設置され、その後、マンション横の「第1ギャップファイラー」が設置されるものと仮定し、ギャップファイラー間干渉障害の生じる地点を「学校裏」に設定して、試験を行った。なお、両ギャップファイラーとも長野局と交差偏波で送信するものとした。

表2. 1. 4. 8は、測定地点「学校裏」がギャップファイラー間干渉地点となるような送信条件の場合に、各測定地点の受信状況をまとめたものである。表の灰色で網掛けした部分は、第1ギャップファイラーの電波を止めた状態における長野局及び第2ギャップファイラーの受信状況である。(表の見方については前節と同様である。)

測定地点「学校裏」は、長野局単独の場合には受信ができない地点である。そこに第2ギャップファイラーが設置され、さらに受信アンテナをギャップファイラー用に調整することにより、14chを除き受信が可能となった。

この状態で、第1ギャップファイラーが送信C/N=26dBで送信を開始すると、それまで受信可能であった13、15及び16chが再度、受信できなくなり、ギャップファイラー間で干渉が生

じていることがわかる。図2. 1. 4. 8にギャップファイラー間干渉障害時の遅延特性を示す。

表2. 1. 4. 8 GF間干渉

| 送受条件 | 測定条件 | | | | 画像破綻回数 | | | | | | |
|--------|-------|------|------|-------|--------|------|------|------|------|------|------|
| | 送信CNR | 測定場所 | ANT高 | ANT方向 | ANT偏波 | 13ch | 14ch | 15ch | 16ch | 17ch | 18ch |
| GfOff | 学校裏 | 6 | 親 | H | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| 第2GF | 学校裏 | 6 | 親 | H | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| 第2GF | 学校裏 | 6 | 第2GF | V | 0 | 999 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | 学校裏 | 6 | 第2GF | V | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 0 | 0 |
| CN30dB | 学校裏 | 6 | 第2GF | V | 999 | 999 | 0 | >40 | 0 | 0 | 0 |
| CN最大 | 学校裏 | 6 | 第2GF | V | 999 | >40 | 999 | 999 | 999 | 0 | 0 |
| GfOff | 遠方1 | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 第2GF | 遠方1 | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 第2GF | 遠方1 | 10 | 第2GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | 遠方1 | 10 | 第2GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN30dB | 遠方1 | 10 | 第2GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN最大 | 遠方1 | 10 | 第2GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GfOff | アパート | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 第2GF | アパート | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 第2GF | アパート | 10 | 第2GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | アパート | 5.7 | 第2GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN30dB | アパート | 5.7 | 第2GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN最大 | アパート | 5.7 | 第2GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GfOff | 川沿い | 10 | 親 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 第2GF | 川沿い | 10 | 第2GF | H | >40 | 999 | 999 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 第2GF | 川沿い | 10 | 第2GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN26dB | 川沿い | 10 | 第2GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN30dB | 川沿い | 10 | 第2GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CN最大 | 川沿い | 10 | 第2GF | V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

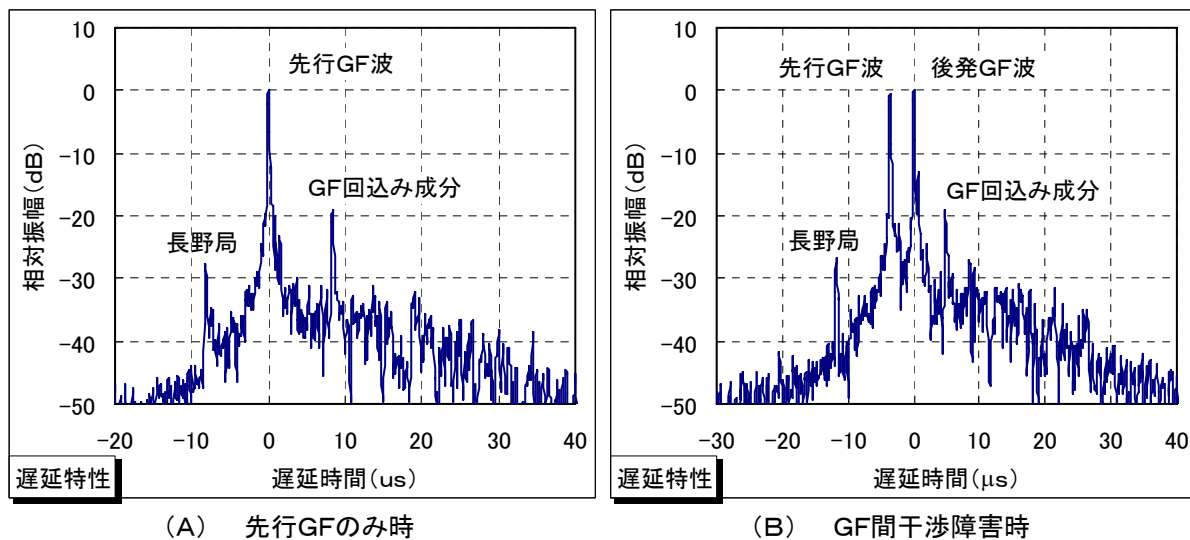


図2. 1. 4. 8 GF間干渉障害

2.2 送受回り込み抑制関連の実地試験

送受回り込み抑制関連の実地試験は、長野市旭町の長野第1合同庁舎屋上の塔屋を送受回り込みの遮蔽物と見なして次節以降の内容で実施した。

実地試験に使用したチャンネルは19及び25chであり、受信親局である長野局の13chを19chに、17chを25chに変換して電波を発射した。

なお、長野市内では19及び25chを使用していないため受信障害は発生しない。

2.2.1 実地試験の概要

2.2.1.1 実地試験の目的

ギャップファイラーの送信アンテナから輻射された電波は、直接または周辺の建造物や樹木等で反射されて間接的に当該ギャップファイラーの親局受信アンテナに到来する。この現象を「回り込み」という。

ギャップファイラーが親局と同一周波数で送信する場合（以下、SFNギャップファイラーとする。）、この回り込みは一種のフィードバックループを構成することになる。回り込みレベルが小さい場合のギャップファイラーからの送信波は、概ね親波受信波形と同等とみなせるが、回り込みレベルの増大にともないギャップファイラーの送信波形は受信した親波と異なるものとなり、送信品質が劣化する。さらに、回り込みレベルが一定値を超える場合にはループ発振を生じることにもなる。そのため、SFNギャップファイラーの設置にあたっては、回り込みをできる限り低減することが重要である。

本実地試験は、GF送受アンテナ間の回り込みを測定することにより、所要の送受分離条件を調査することを目的とする

2.2.1.2 実地試験の日時

実地試験は、平成20年10月20～22日の3日間にわたって実施した。なお、10月21日には、本実地試験を主催する調査検討会の作業部会が開催されたので、作業部会委員が実地試験を見学した。

10月20日： 設営および測定条件の設定

10月21日： 14素子アンテナを用いた基本測定

10月22日： 送信5リングアンテナおよび20素子受信アンテナによる測

2.2.1.3 実地試験の場所

実地試験は、図2.2.1.3に示す長野市旭町の「長野第1合同庁舎」の屋上で実施した。同屋上は、幅60m×奥行21.6mの広さがあり、中央部に2つの塔屋（7m高）を設置されている。また、両塔屋を取り囲んで回廊（4.5m高）も設置されている。西塔屋と東塔屋の間は

吹き抜け構造となっているが、西塔屋に接して大型空調機が設置されていることから、吹き抜けの約1/3遮蔽されている状況になっている。

屋上の東北隅と南面ならびに庁舎西北角から約20m離れた位置に、電波監視用のアンテナ鉄塔が設置されている。いずれの鉄塔も屋上面から15m程度の高さである。これ以外にも塔屋上に各種のアンテナとその取り付け支柱が複数設置されているが、いずれも比較的小型あるいは細径のものである。

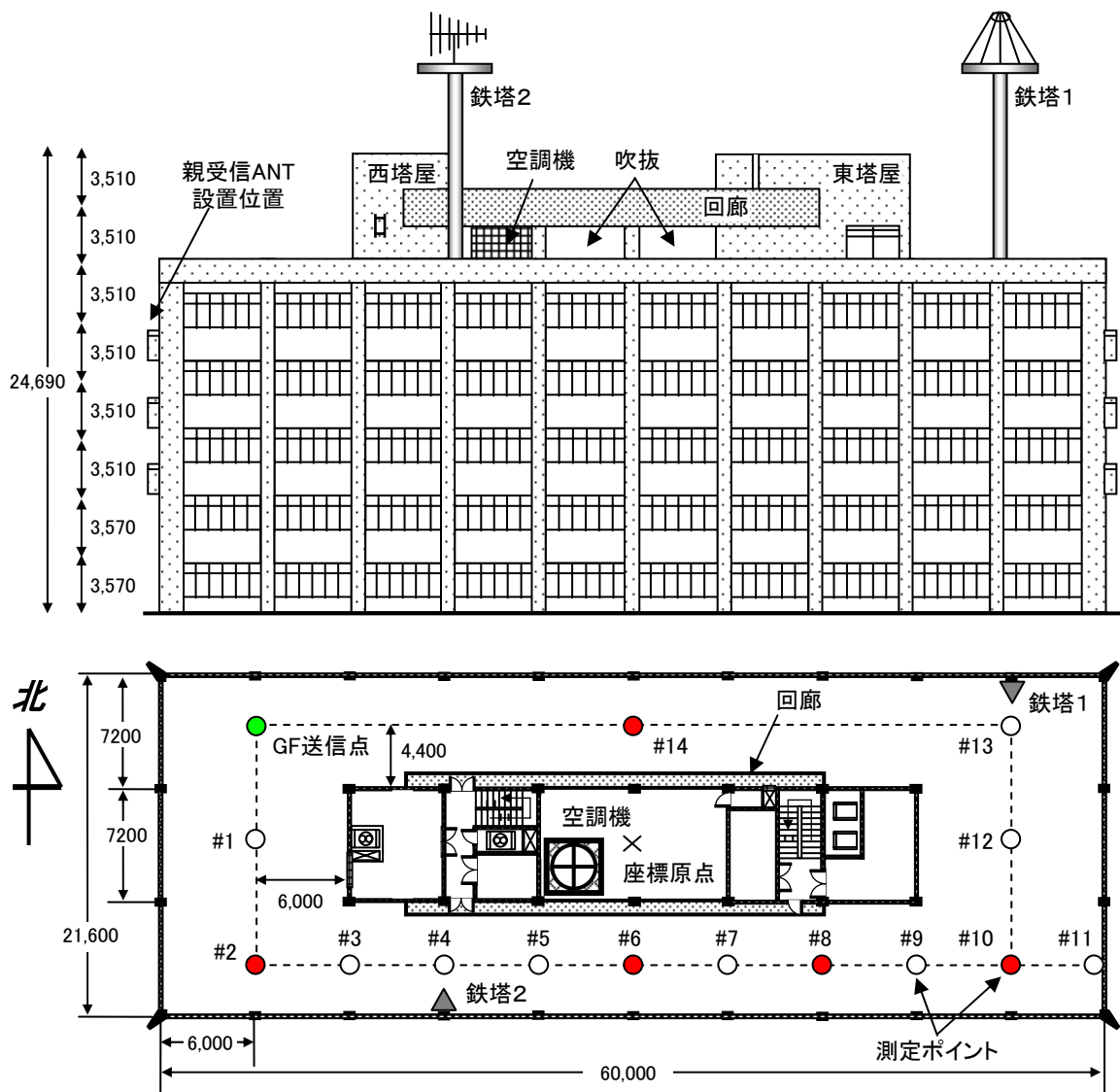


図2.2.1.3 試験場所と測定点配置

2.2.2 事前検討

実地試験に先立って、測定位置や測定項目等について事前検討を行なった。

ギャップファイラーの送信点については、塔屋ならびに電波監視用の鉄塔の影響が少ないと考えられる位置として、屋上西北角を選定した。測定位置については、本実地試験の主要目的が建造物を利用して回り込みを抑制することであることから、ギャップファイラー送信波が屋上塔屋で遮蔽される領域を中心に、合計14ポイントを配置することとした。ギャップファイラー送信位置および各測定位置を図2.2.1.3の○印で示す。また、庁舎屋上の中心を座標原点とし、同図に×印で示す。

実地試験場所におけるギャップファイラー波の電界強度分布とハイトパターンの計算例を図2.2.2.1に示す。計算条件は、19ch下端周波数(506MHz)および測定アンテナ高3mで行った。この計算例から分かるように、測定位置や測定アンテナ高のわずかな変化に対して、電界強度が大きく変動することが予測される。そのため本実地試験では、各測定位置におけるハイトパターンを測定することとした。

ハイトパターンがわかれば、当該測定位置における平均的な遮蔽量や最大遮蔽となるアンテナ高を把握することができる。また、測定したハイトパターンを計算値と比較することにより、反射波など事前に把握が困難な要素についても推測が可能となるなど、測定値を分析する上で有効なデータとして活用が可能である。

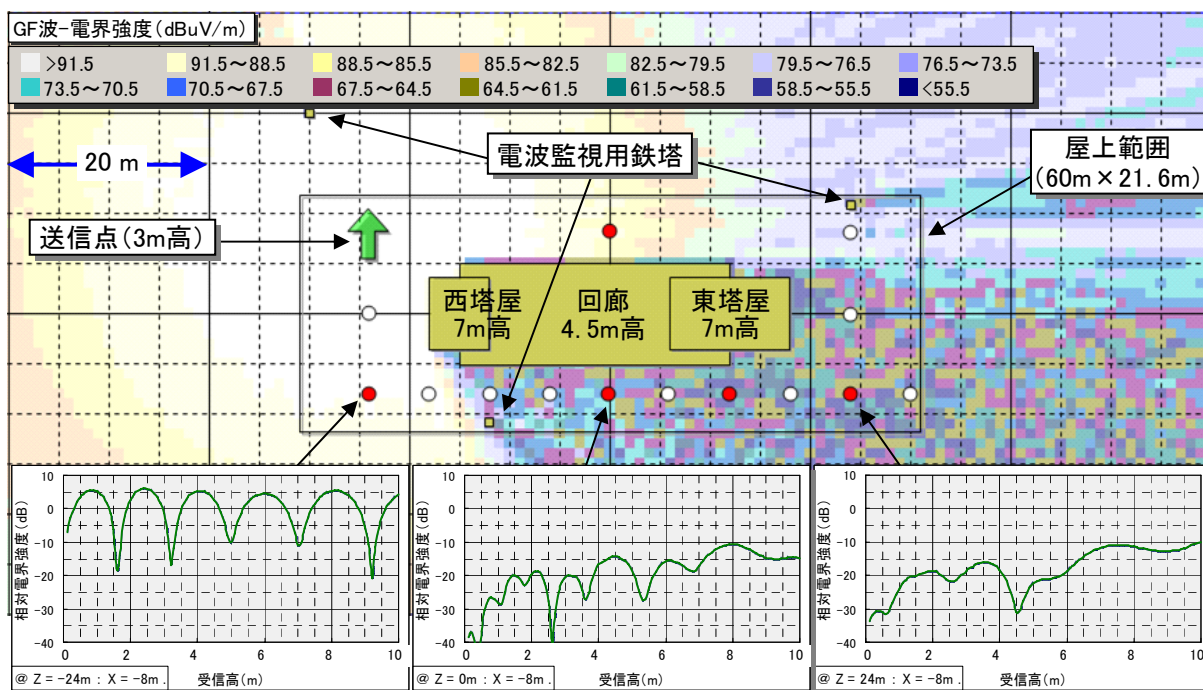


図2.2.2.1 電界強度分布とハイトパターン例(計算値)

図2. 2. 2は、ギャップファイラーの送信点が見通しとなる領域(開放領域:屋上中央から北側8m)と見通しとならない領域(遮蔽領域:同南側8m)における電界強度の計算値である。

遮蔽領域においては、電界強度が大きく変動する状況が生じている。

このように建造物等による遮蔽領域では電界強度が大きく変動することから、どのような受信アンテナで測定を行えば良いのか検討を行った。

八木アンテナの場合、正面方向から到来する平面波に対しては、外部電界で誘起される電流と導波器からの再放射による電流の位相が同相となるため、素子数に応じた大きな電流が放射器に誘起されることとなり利得が生じる。一方、正面方向以外からの平面波に対しては、外部電界で誘起される電流と再放射による電流の位相が同相とはならないため、利得が減少することになり、指向性が得られることになる。

このように、八木アンテナは、一様な平面波に対しては所定の特性となるが、遮蔽領域など一様性が乱れている場合には、必ずしも所定の特性にはならないものと考えられる。一方、反射波の存在が想定される場合、反射波の到来方向は、重要かつ有用な情報であり、その測定には指向性を有するアンテナが有効である。

本実地試験では上記の考察に基づき、ある程度の指向性を有しつつ、かつ等価開口面積の大きくない(すなわち高利得・狭指向性でない。)アンテナとして、14素子八木アンテナを測定用アンテナとして使用することとした。また、送信アンテナについても、特性が安定で、かつ明確なものが好ましいため、無指向アンテナを使用することとした。偏波面については、ギャップファイラーで一般的に使用されることが想定される垂直偏波とした。

送信アンテナが無指向アンテナ、測定用のアンテナが14素子八木アンテナとすることを基本測定とし、実際のギャップファイラーで一般的に使用される、送信用5素子リングアンテナと親波受信用20素子八木アンテナについても測定を行い、基本測定との比較を行った。

以上の事前検討を踏まえ、表2. 2. 2に示す条件で実地試験を行うこととした。

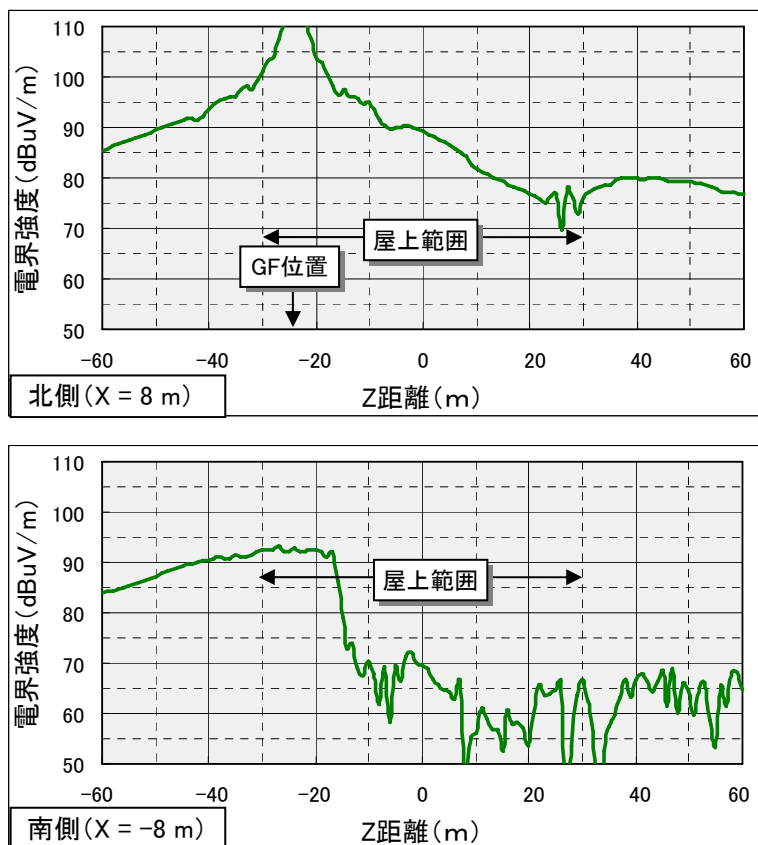


図2. 2. 2 開放領域と遮蔽領域の電界強度(3m高:計算値)

表2.2.2 測定条件

| 測定呼称 | 基本測定 | 5リング測定 | 20素子測定 |
|----------|---|------------------|----------|
| 送信チャンネル | 19chおよび25ch | | |
| 送信電力 | 10mW | | |
| 送信高 | 3m | | |
| 送信アンテナ | 無指向・垂直偏波 | 5リング・垂直偏波 | 無指向・垂直偏波 |
| 送信方向 | — | 北方向 | — |
| 測定アンテナ | 14素子八木 | | 20素子八木 |
| 測定アンテナ方向 | GF/北/南 | | |
| 測定アンテナ高 | 1.5~4.5m(0.5mステップ) | | |
| 取得データ | チャンネル電力/周波数特性/遅延プロファイル | | |
| 測定位置 | #1~#14 | #2/#6/#8/#10/#14 | |
| その他 | 測定位置#8については、南北および東西方向に0.5m単位で移動して測定データを取得する。 測定位置#10では、最大到来方向を求める。 | | |

2.2.3 実地試験系統

実地試験系統を図2.2.3.1に示す。親波(長野局)受信用のアンテナには20素子八木アンテナを用い、これを屋上から1階下(庁舎5階西側)にあるテラスに設置した。受信信号は、20ch以上を遮断するローパスフィルタを介してブースターを入力して約35dB増幅した後、長さ150mの同軸ケーブル(7C2V)で屋上塔屋内に設置した受信部に接続した。受信部では、13chを19chに、17chを25chにそれぞれ周波数変換するとともにレベル調整等を行い電気/光変換した。光信号は、長さ約250mの光ケーブルを介して屋上西北角に設置した送信機に供給され、光/電気変換の後、10mW/chで送信した。

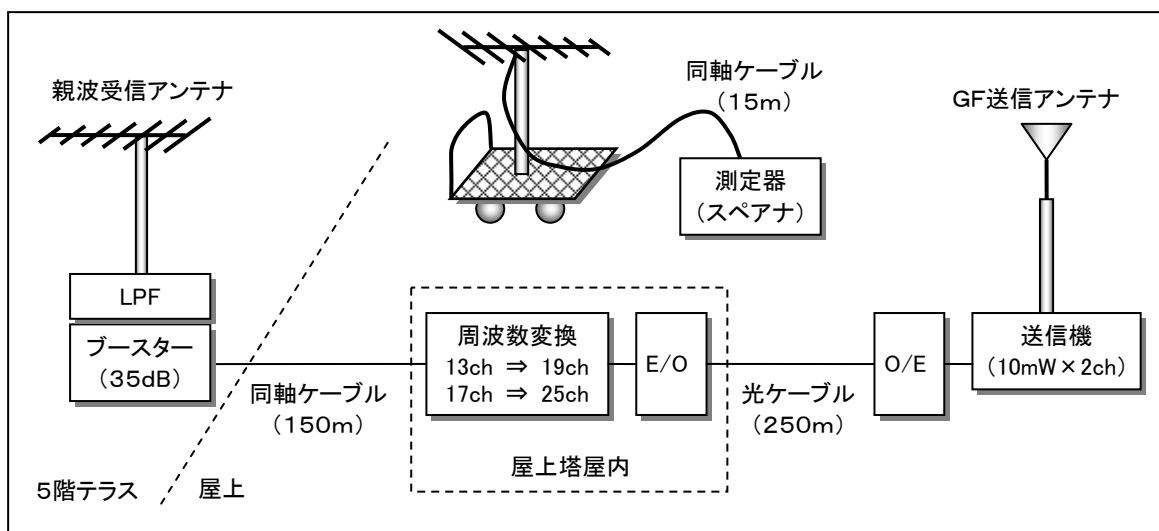


図2.2.3.1 試験系統構成図

測定用アンテナは、荷物運搬用の台車に固定した繰り出しポール(最大長4.5m)に取り付けた。繰り出しポールには巻尺を取り付け、アンテナ高が正確に調整できるようにした。

測定者の人体が測定値に影響を与えないよう配慮して、測定アンテナと測定器とは、長さ

15mの同軸ケーブルで接続し、アンテナから離れた位置で測定を行なった。また、各測定位置には屋上の床面にテープでマーキングを行ない、測定位置が正確に再現できるようにした。各機器の設置状況ならびに測定位置のマーキングの様子を図2. 2. 3. 2に示す。

なお、測定結果は、電界強度に換算して表現するのが通例である。しかし、そのためには、アンテナ利得などを知る必要があるが、前述の事前検討のように、非一様な電界におけるアンテナの特性は、必ずしも規定値と同じであるとは限らないため、本実地試験では受信電力の値で表現することとした。



(A) 親波受信アンテナ



(B) 受信部と光ケーブル

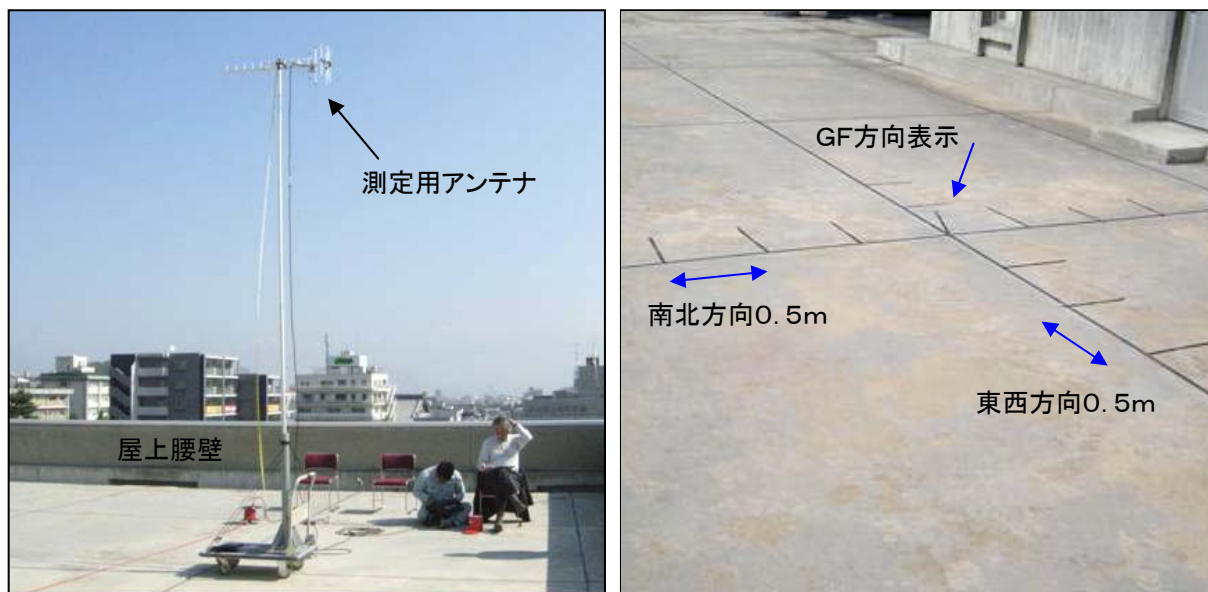


(C) GF 送信アンテナ(無指向)



(D) GF 送信アンテナ(5リング)

図2. 2. 3. 2 -1/2 試験機器設置状況



(E) 測定アンテナ

(F) 測定位置のマーキング

図2.2.3.2-2/2 試験機器設置状況

2.2.4 測定結果

ギャップフィラーの送信品質、基本測定、20素子受信アンテナとの対比及び5素子送信用リングアンテナとの対比等の測定結果については、考察も含めて下記のとおり取りまとめを行った。紙面の都合から、各測定ポイントの測定結果については、資料編(株)NHKアイテックの報告書を参照願いたい。

2.2.4.1 ギャップフィラーの送信品質

ギャップフィラーから正しい信号が送信されていることを確認するため、送信機の出力信号を測定した。測定結果は図2.2.4.1のとおりであり、この時のMERは、19及び25chともに37dB以上の値となり、送信品質は良好であった。

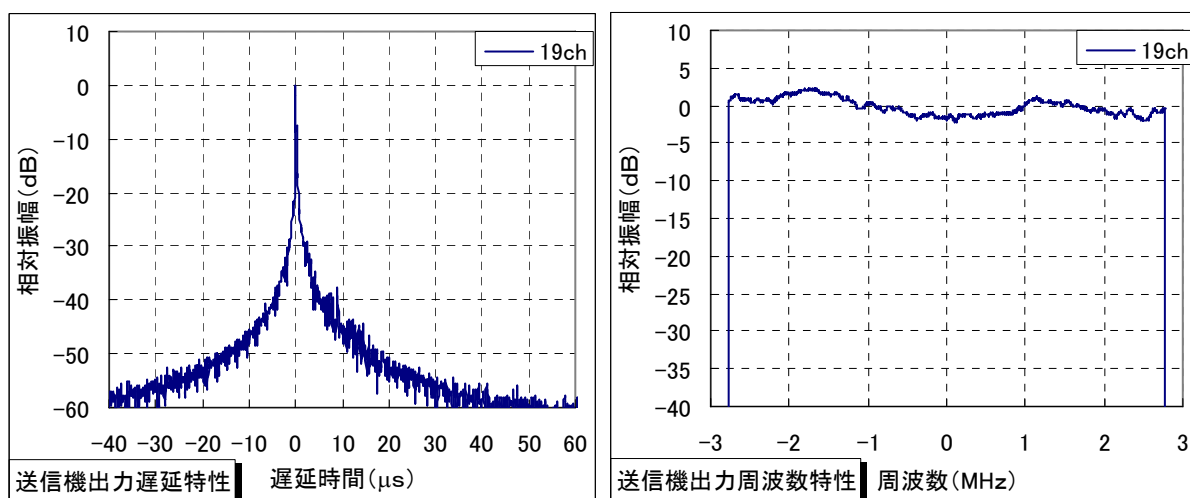


図2.2.4.1(A) 送信品質の確認(19ch)

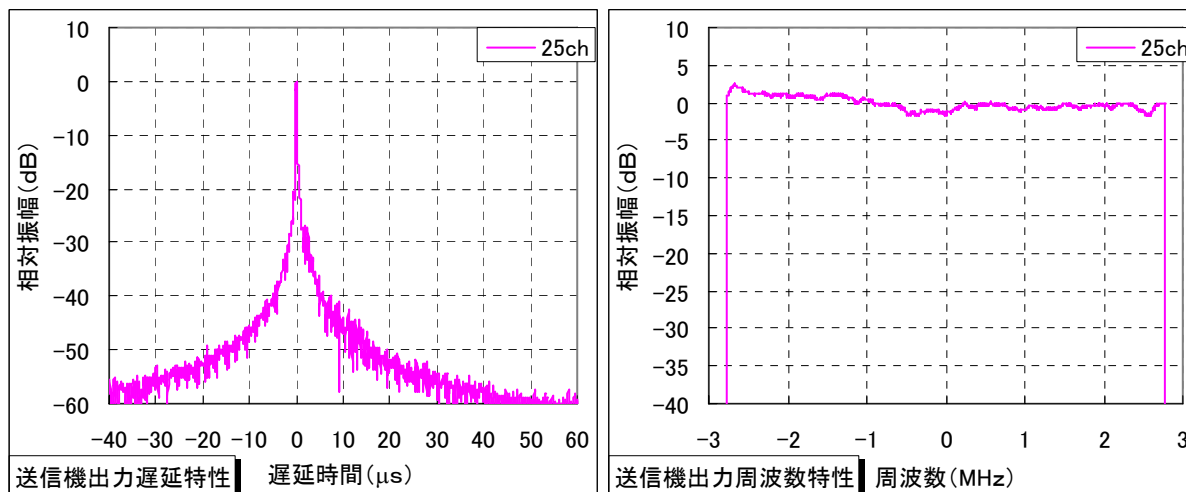


図2. 2. 4. 1(B) 送信品質の確認(25ch)

なお、画質確認は、測定ポイント#2でギャップファイラー波を受信し、正常であることを確認した。

2. 2. 4. 2 各測定ポイントにおける遮蔽状況

図2. 2. 4. 2. 1は、「基本測定」において、受信アンテナをギャップファイラー方向に向けたときの測定値と計算値をプロットしたものである。同図(A)は、各受信アンテナ高(1.5~4.5m)の測定値を測定ポイントごとに平均化したものである。同図(B)は、全測定値をプロットしたもので、各測定ポイント内のプロット点は、左側から順にアンテナ高1.5m~4.5mまで0.5m刻みに対応している。

測定ポイント#4~#12は、塔屋の遮蔽領域となっており、開放領域(#1~#3および#13~#14)に比べて20dB以上の遮蔽効果が見られる。遮蔽領域内では、#4から#9にかけて観測値が緩やかに低下(遮蔽量は増大。)する傾向が見られる。測定ポイント#4および#9における送受間距離は、20mおよび45mであるから、距離の増大に伴う電界強度の低下は7dBと計算されるが、測定値、計算値ともに約10dB(測定値で9dB、計算値で11dB)の低下となっている。この差の要因として、「鉄塔2」による反射波の影響、あるいは、遮蔽減衰量の増加の2つの可能性が考えられるが、反射波を考慮していない計算値が測定値と同程度の低下を示していることから、遮蔽減衰量の増加が主要因と考えられる。これは、測定位置配置から考えても妥当である。なお、測定ポイント#10~#12における電界強度のわずかな上昇については、「鉄塔1」による反射波の影響が想定される。

図2. 2. 4. 2. 1(B)の実線のグラフは、19chと25chの測定値を受信アンテナ高ごとに平均化したものである。測定ポイント#4~#9では、概ね受信アンテナ高の増加に伴い、測定値も上昇しているのが読み取れる。これは、受信アンテナが高くなると塔屋の遮蔽効果が減少するためである。一方、測定ポイント#10~#12については、受信アンテナ高にかかわらず、ほぼ一定の値となっている。これらの測定ポイントでは、塔屋により遮蔽されたギャップ

フィラー波以外のもの(鉄塔1の反射波を想定している。)が到来していると考えられる。

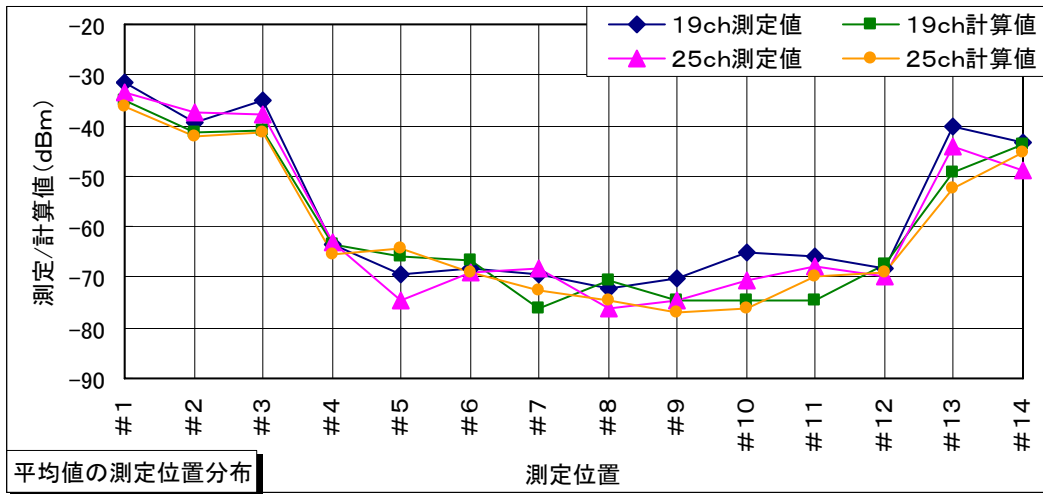


図2. 2. 4. 2. 1(A) 測定位置の影響(平均化データ)

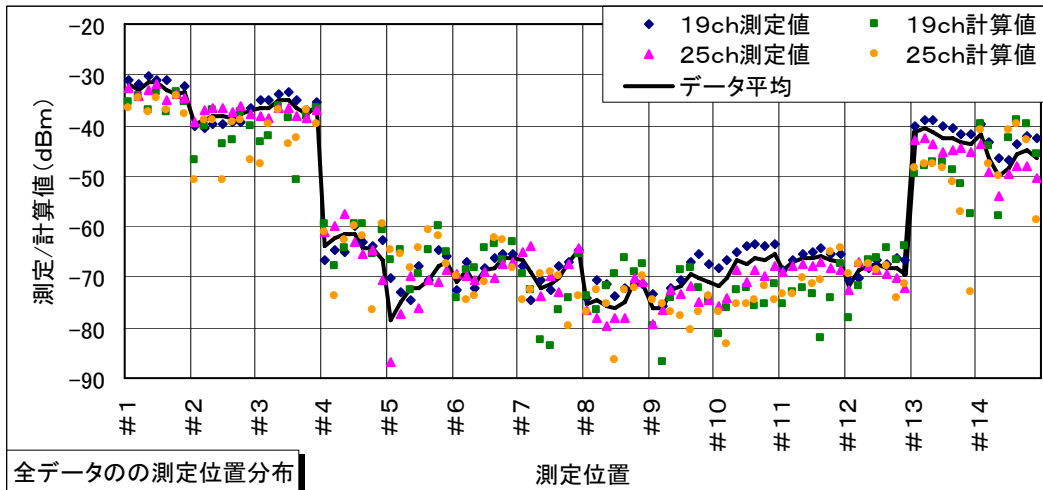


図2. 2. 4. 2. 1(B) 測定位置の影響(全データ)

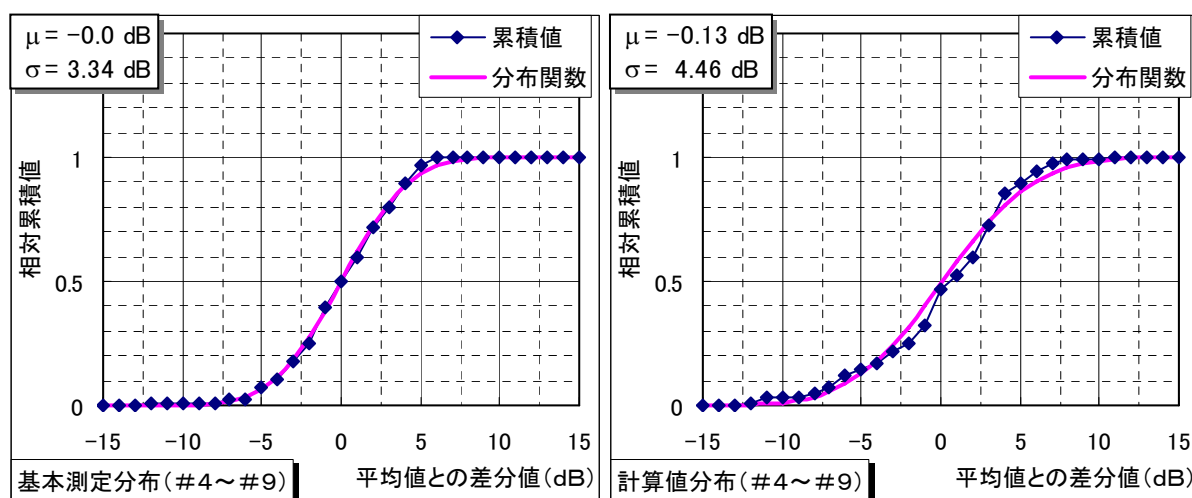
次に、測定値と計算値の差異について検討する。①測定値には、測定ポイントの微妙なずれや測定アンテナの特性変動(遮蔽領域等における非一様な電界環境では規定値と異なる特性となる。)が含まれること、②計算値では、例えば塔屋上のアンテナ取り付けポールなどの全ての遮蔽物が考慮されていないことや鉄塔・腰壁等からの反射波も考慮されていない、このように測定値と計算値では誤差を生じる要素が異なっており、この二つを直接比較しても、必ずしも有意義な結果が得られるとは限らない。そのため、測定値と計算値の差異について統計的な手法を用いて調べることにする。

図2. 2. 4. 2. 2(A)は、測定ポイント#4～#9について、各測定高における測定値と平均値との差分の累積分布である。同図(B)は、計算値に対して同様の処理を行なったものである。図中のドットは測定値の分布、太実線は、測定データから求めた標準偏差値をもつ正規分布関数である。図のように、測定値および計算値の分布と正規分布関数は、よく一致

していることから、測定値および計算値のいずれも正規分布していることが分かる。

測定値分布の標準偏差が3.34dBであるのに対し、計算値分布は4.46dBと大きく、計算値の方が測定値よりも値にバラツキが大きいことを示している。これは、以下のように説明できる。

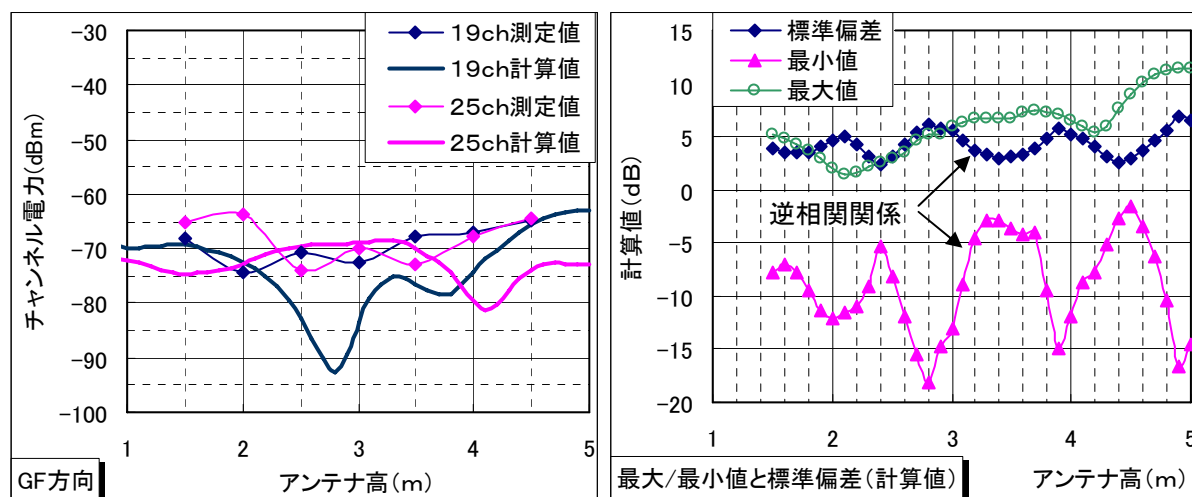
図2.2.4.2.3(A)は、測定ポイント#7における測定値と計算値のグラフであるが、測定値には、鉄塔や腰壁などからの反射波が含まれており、これらが潜在電界として作用するため、ハイトパターンに顕著なヌル点が生じにくい。一方、計算では反射波は考慮されていないため、19chを受信チャンネルとした場合の例では、受信アンテナ高3m付近で顕著なヌル点が生じることとなり、その結果、計算値には、平均値との乖離が大きいヌル点のデータが含まれ、標準偏差の値が大きくなる。



(A) 測定値差分の累積分布

(B) 計算値差分の累積分布

図2.2.4.2.2 測定値と計算値の累積分布(測定位置#4~9)



(A) 測定値と計算値の比較(#7)

(B) 最大/最小計算値と標準偏差の相関

図2.2.4.2.3 計算値標準偏差が大きいことの説明

これを確かめるため、計算データ全84個のデータから、平均値より10dB以上低下してい

るデータ3個を排除すると、標準偏差は3.9dBとなり、測定値に近い値が得られた。

図2.2.4.2.3(B)は、上記の考察を補完するデータである。このグラフは、測定位置#4～#9におけるハイトパターンを受信高1.5～5mの範囲について、0.1m刻みで計算し、受信高ごとに計算値と平均値の差分をとったものである。1つの受信高あたり12個の計算値(6測定ポイント×2チャンネル。)が含まれている。図のように、データの最大値には大きな変動が見られないが、最小値は大きく変動しているとともに、標準偏差と強い逆相関になっている。この逆相関関係は、極端に小さい値のデータが存在すると、分布の標準偏差が大きくなるということを表している。計算で求めた電界にはヌル点などが生じるが、実際の測定では、反射波などの潜在電界が不可避免的に混入するため、その影響を受けてヌル点が緩和される、あるいは観測されなかったものと考えられる。

以上の考察を踏まえると、測定値と計算値は統計的な意味において合致していると言える。

2.2.4.3 詳細移動測定

測定ポイント#8において行なった「詳細移動測定」について分析する。図2.2.4.3.1は、「基本測定」の測定結果をまとめたもので、2mと3mのアンテナ高、南北と東西の移動方向及び19と25のチャンネルの組み合わせごとに測定値をプロットしたものである。

組み合わせごとに、測定値と平均値との差分をとり、その累積分布を求めたものを図2.2.4.3.2に示す。同図(A)は「基本測定」の結果、(B)は、「20素子測定」について同様の処理を行なったものである。いずれの測定条件においても、標準偏差が2.8dB程度の正規分布となっている。この標準偏差の値は、遮蔽領域内の全測定位置のデータから得られた値の3.34dBに近い。このように、実地試験における遮蔽領域の回り込み量は、波長程度の位置変化に対して標準偏差3dB程度の正規分布となっていることが分かる。

一般的に遮蔽領域における電界分布は、標準偏差が6dB程度の正規分布またはレーリー分布であると言われているが、実地試験で得られた標準偏差は3dBと一般的な値よりも小さな値となっている。この理由として考えられることは、①一般的な遮蔽条件に比べて、遮蔽建造物からの離隔距離が数mという限定された条件で得られたものであること、②測定値であるデジタル波のチャンネル電力は、アナログ波等の狭帯域信号の場合に比べて分散が小さくなること、に起因しているものと考えられる。

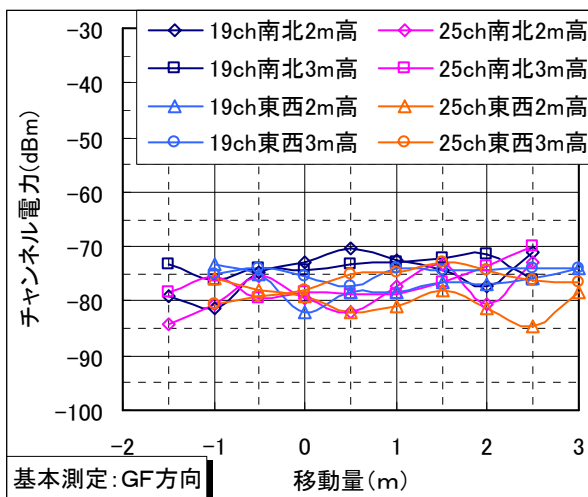
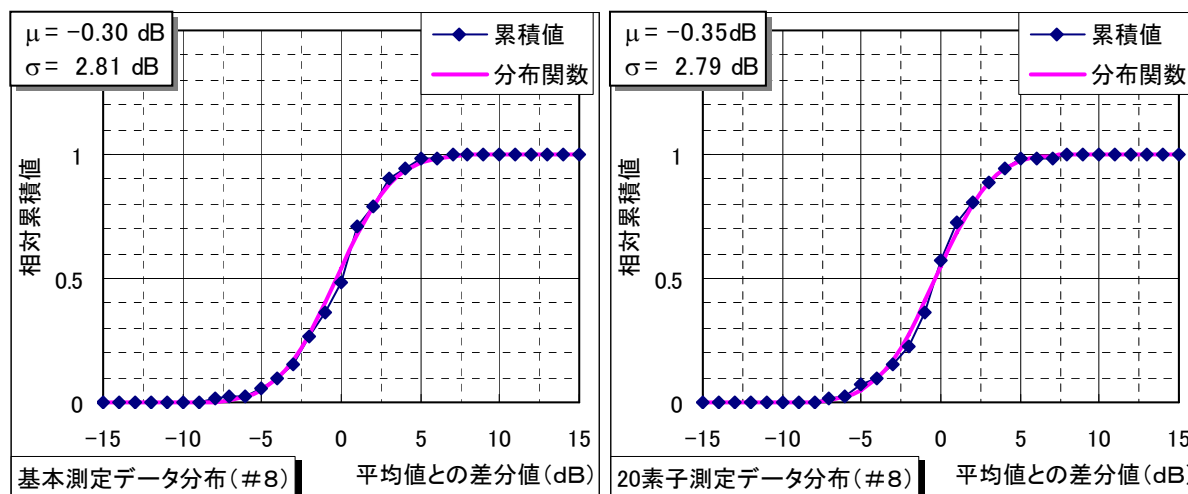


図2.2.4.3.1. 移動測定の例(基本測定)

上記②については、電波伝搬に関するITU-R勧告の中で、ある領域内の受信場所に対する電界強度の分布については、アナログ波では標準偏差8~10dB、デジタル波では標準偏差5.5dBの正規分布を用いる旨の記載があり、広帯域デジタル信号の場合に適用される分布の標準偏差は、狭帯域信号のものに対して半減した値が妥当であるとしていることを、測定結果が証明することとなった。



(A) 基本測定結果(14素子アンテナ)

(B) 20素子測定結果(20素子アンテナ)

図2.2.4.3 移動測定の累積分布(測定位置#8)

2.2.4.4 北方向及び南方向の測定

図2.2.4.4は、「基本測定」で測定アンテナを北方向および南方向に向けた場合の測定結果である。測定ポイント#1~#3の北方向については、19ch、25chともにほぼ同じ測定値になっているが、南方向については、25chが低くなっている。この測定ポイントでは、南方向はギャップファイラーの方向と反対方向となっており、測定用アンテナは、背面からの入射波を測定していることになる。

同様の傾向は、他の測定ポイントについても見受けられるが、これらの測定ポイントにおいて測定アンテナを北方向または南方向に向けた場合には、ギャップファイラーの方向が横方向もしくは斜めの方向となる。測定に用いた14素子アンテナは、正面方向に関しては周波数特性を持たないように設計されているが、背面あるいは斜めの方向からの入射波に対しては周波数依存性を持っており、それが測定結果に現れているものと考えられる。

測定ポイント#5~#8では、北方向、南方向ともに同程度の測定値(-70dBm)となっていることに対して、測定ポイント#9~#12では、北方向の測定値が南方向より7~8dB程度高くなっている。この測定結果は、北方向からの反射波が存在すると仮定すると合理的に説明できる。

測定ポイント#5~#8は、ギャップファイラーの方向および北方向のいずれについても塔屋の遮蔽領域であるので、ギャップファイラー波並びに反射波ともに観測されない。一方、測定

ポイント#9～#12は、ギャップファイラー方向については遮蔽領域であるが、北方向については開放領域となっているため、反射波が観測される。このように、本測定結果から反射波の存在が示唆されるが、その詳細については、§2.2.4.6反射波の項で記述する。

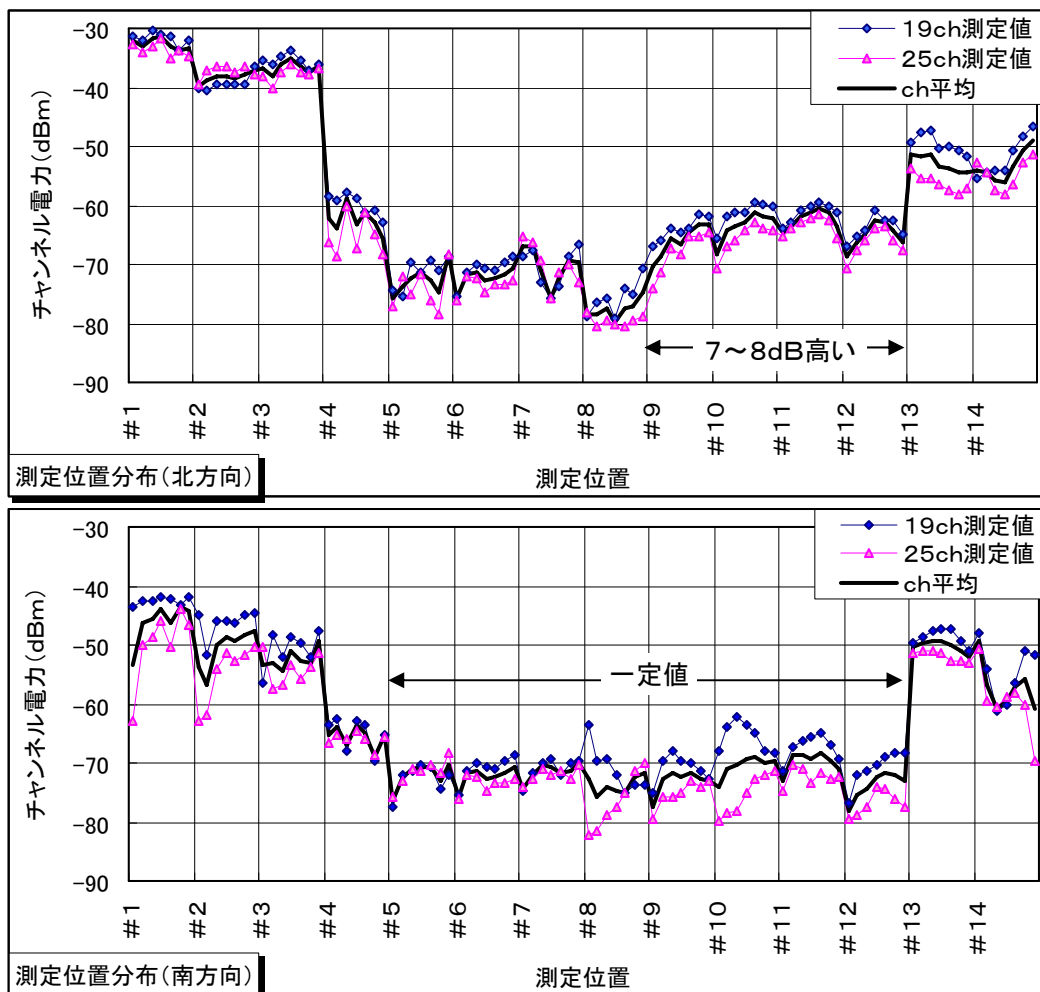


図2.2.4.4 北方向および南方向の測定位置分布(基本測定)

2.2.4.5 アンテナ比較

図2.2.4.5.1～3は、「基本測定」、「20素子測定」、「5リング測定」の測定結果を比較したものである。図2.2.4.5.1は、測定アンテナをギャップファイラー方向に向けた場合、図2.2.4.5.2は、同じく北方向に向けた場合、図2.2.4.5.3は、同じく南方向の場合である。各図(A)は、各測定条件での測定値、(B)は「基本測定」との差分を示す。また、表2.2.4.5に差分値の一覧ならびに差分値分布の平均値と標準偏差を示す。

「基本測定」と「20素子測定」では、送信アンテナは同一であるから、両測定の差異は、測定用アンテナの違いによるものである。いずれのアンテナ方向においても両者の差異は、平均値で1dB程度、標準偏差で2dB程度である。前述のように、測定ポイントや測定高による分布の標準偏差が3dB程度であることを考慮すると、両測定結果は、統計的に同一とみなすことができる。

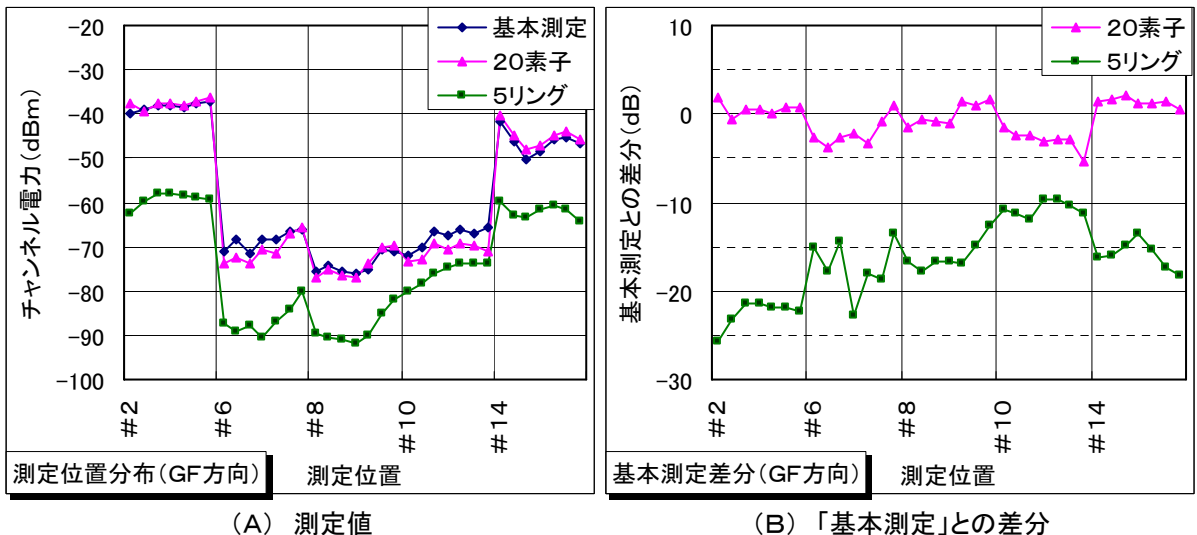


図2. 2. 4. 5. 1 アンテナ比較(GF方向)

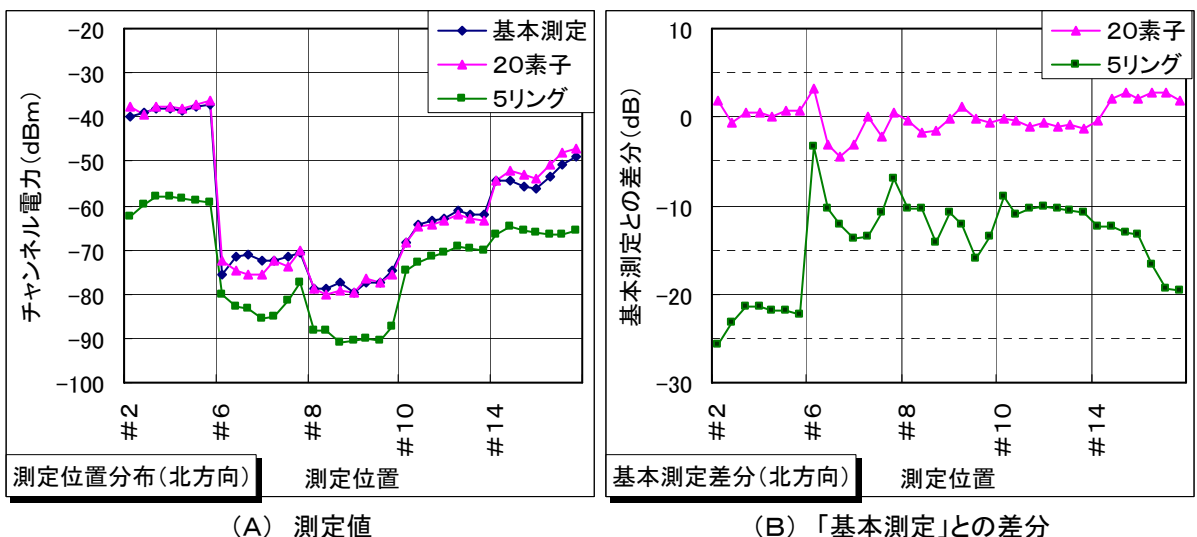


図2. 2. 4. 5. 2 アンテナ比較(北方向)

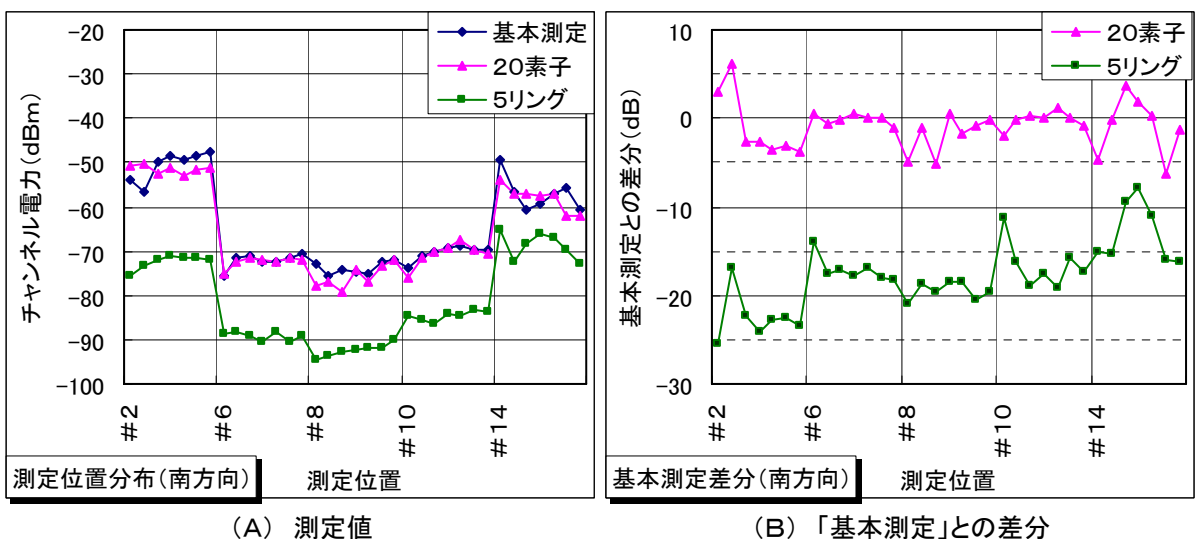


図2. 2. 4. 5. 3 アンテナ比較(南方向)

表2. 2. 4. 5 アンテナ比較（基本測定との差分）

| 測定位置 | | 20素子測定 | | | 5リング測定 | | |
|-------|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | GF方向 | 北方向 | 南方向 | GF方向 | 北方向 | 南方向 |
| #2 | | 0.55 dB | 同左 | -0.89 dB | -22.6 dB | 同左 | -22.5 dB |
| #6 | | -2.06 dB | -1.34 dB | -0.11 dB | -17.2 dB | -10.1 dB | -17.1 dB |
| #8 | | -0.04 dB | -0.49 dB | -1.97 dB | -16.0 dB | -12.5 dB | -19.4 dB |
| #10 | | -2.95 dB | -0.75 dB | -0.22 dB | -10.7 dB | -10.3 dB | -16.6 dB |
| #14 | | 1.31 dB | 1.99 dB | -0.93 dB | -16.0 dB | -15.2 dB | -13.0 dB |
| #2~14 | 平均値 | -0.64 dB | -0.01 dB | -0.83 dB | -16.5 dB | -14.1 dB | -17.7 dB |
| | 標準偏差 | 1.95 dB | 1.78 dB | 2.56 dB | 4.24 dB | 5.24 dB | 3.93 dB |
| #6~10 | 平均値 | -1.69 dB | -0.86 dB | -0.77 dB | -14.6 dB | -11.0 dB | -17.7 dB |
| | 標準偏差 | 1.80 dB | 1.60 dB | 1.66 dB | 3.54 dB | 2.65 dB | 2.17 dB |

「基本測定」と「5リング測定」では、測定用アンテナは同一であるから、両測定の差異は、送信アンテナの違いによるものである。5リング送信アンテナは、正面方向の利得が約8dB、半値角が約30度の指向性を持っている。横方向や背面方向に対しては、周波数依存性および方向角度依存性があるものの、正面方向に比べて概ね-20dB以下の指向性利得を持っている。

各測定位置は、送信アンテナの方向で表すと90~180度にあたり、送信電力が抑制されている範囲に該当しており、これらの方向については、「基本測定」で使用した無指向送信アンテナの場合に比べて、送信電力が-12dB(正面利得:8dB+指向性利得:-20dB=-12dB)程度低下しているのと等価であるため、測定結果にも送信電力の差に相当する値(-10dB程度)が観測されている。

2.2.4.6 反射波

これまでの実地試験結果の分析から、北方向から到来する反射波の存在が示唆されている(§2.2.4.4参照)。以下これについて検討する。

図2.2.4.6.1は、実地試験場所周辺で反射波を生じさせる可能性のある建物を示した地図である。また、図2.2.4.6.2は、それらの様子を示す写真である。実地試験場所の北側100mの場所に「信州大学西校舎」が、南側450mに「長野県庁舎」および「国際ホテル21」がある。これらが反射波を生じさせる主要建物として、検討の対象とした。また、南側には「長野県庁舎」と「裁判合同庁舎」がある。これらの建物は、実地試験場所である長野第1合同庁舎とほぼ同一の高さであるが、この建物による反射波の影響についても検討を行うこととする。

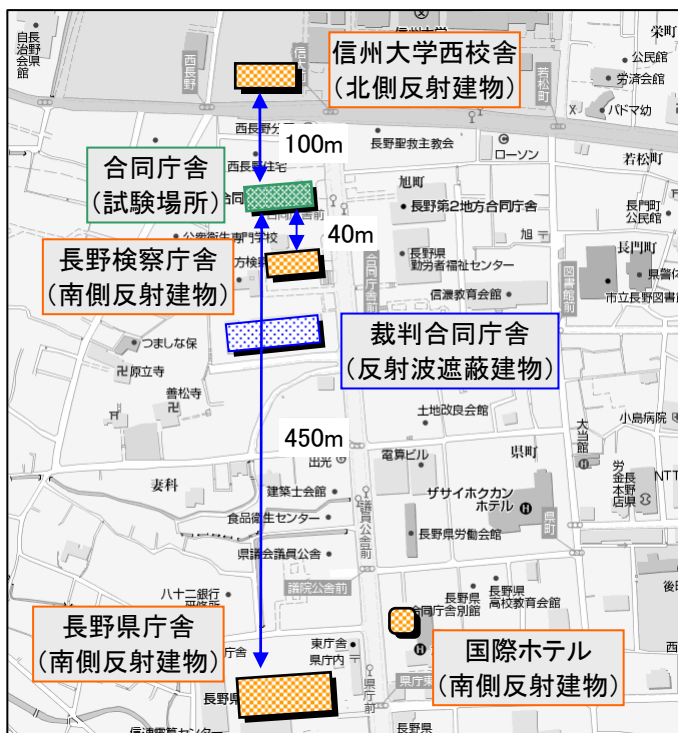


図2.2.4.6.1 実地試験場所周辺の反射建物



(A) 北方向



(B) 南方向

図2.2.4.6.2 主要反射建造物の様子

2.2.4.6.1 北方向からの反射波

北方向からの反射波の原因となるものとして、上記の建物に加え、実地試験場所内にある電波監視用鉄塔も検討対象とし、図2.2.4.6.1.1に示す計算モデルを用いて反射波のレベルを計算した。

受信点に到達する電波は、伝搬路上で第1フレネルゾーン内に広がっているものとして簡易計算できることが一般的に知られており、第1フレネルゾーンの半径(FR)は、次式で与えられる。

$$FR = \sqrt{\lambda d_1 d_2 / (d_1 + d_2)}$$

ここで、 d_1 および d_2 は伝搬路上の地点と送信点および受信点までの距離、 λ は波長である。周波数500MHz、 $d_1 = d_2 = 100\text{m}$ の場合、この値は約5.5mとなる。つまり、送信と受信間の距離200mの場合、その中間点では、受信点に到達する電波は、半径5.5mの円内に広がっているものと考えて差し支えない。したがって、この範囲内に電波を遮蔽する物体等があれば、その分だけ受信電力が減少することになる。減少の程度を計算するには、フレネル積分を行なう必要があるが、ここでは、第1フレネルゾーンの面積と遮蔽物体がフレネルゾーン内に占める面積の比に比例するものとして計算をおこなった。

ギャップファイラー送信点からの放射波は、鉄塔で反射して測定受信点(#10)に到達するが、鉄塔の反射断面積がフレネルゾーンより小さい場合、上記の説明のように受信点に到達する電力は減少する。一方、反射建物がフレネルゾーンに比べて大きい場合は、フレネルゾーン内の電波は全て反射されるため、受信点に到達する電力は減少しない。

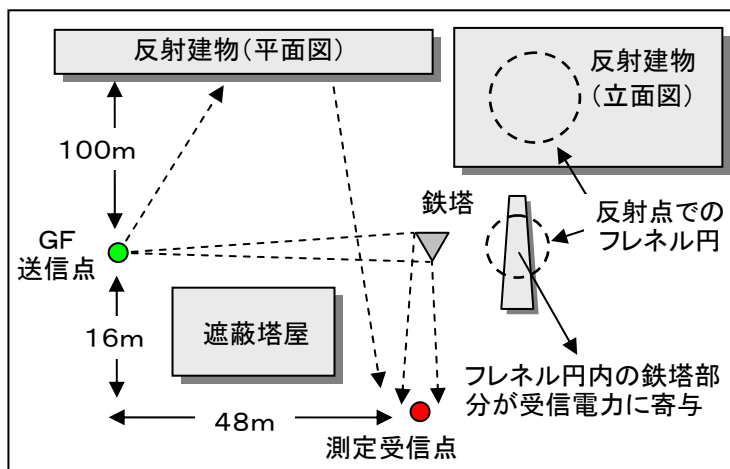


図2.2.4.6.1.1 反射波レベルの計算モデル

この考え方に基づいて、各反射波の受信電力を計算した結果を表2.2.4.6.1に示す。表中の「フレネル半径」は、反射点における第1フレネルゾーンの半径を表す。「正規化断面積」は、反射に寄与する面積とフレネルゾーンの面積比であり、反射電力の減少割合を表すものである。また、比較のため、塔屋で遮蔽されて到来するギャップファイラー回折波の計算値(測定高4.5m)も併せて記載した。

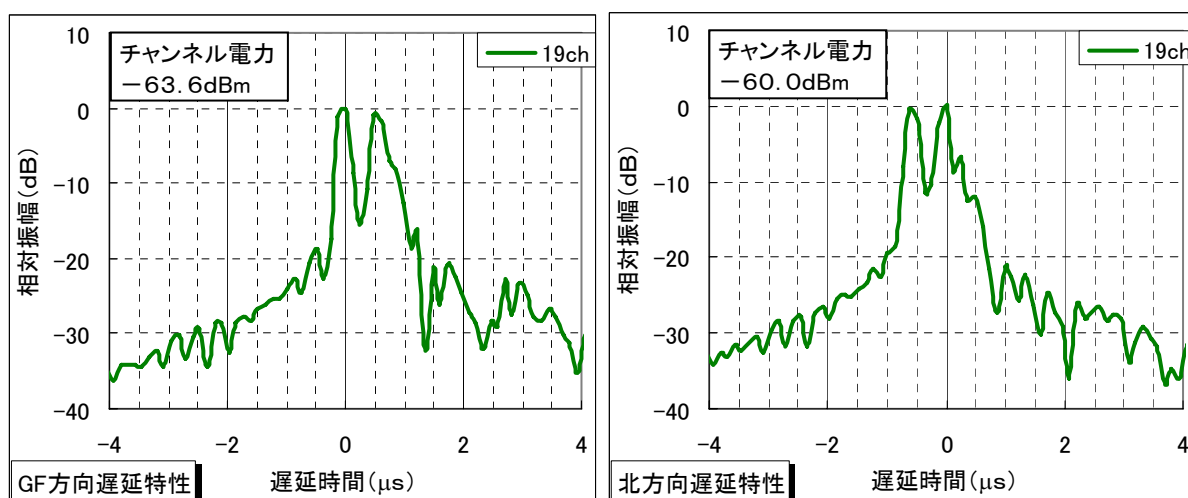
表の計算結果は、鉄塔と建物からの反射波が同レベルであるとともに、ギャップファイラー回折波に比べてはるかに強いことを示している。また、両反射波間の遅延時間差は、伝搬距離差(158m)に対応する $0.5 \mu \text{sec}$ 程度と計算される。

図2.2.4.6.1.2は、測定受信点における遅延特性の観測波形であるが、 $0.5 \mu \text{sec}$ の

遅延時間差をもった同レベルの信号が実際に到来していることが分かる。同図(B)におけるチャンネル電力の測定値(-60dBm)と計算で求めた各反射波電力(-63.9dBmと-64.5dBm)の電力和は、ほぼ一致している。また、同図(A)に示すように、測定アンテナをギャップフィルター方向(北から-60度方向)に向けると、チャンネル電力の測定値が低下するという測定結果は、主要波が北方向から到来しており、それがアンテナ指向性の分だけ受信電力が低下したものと理解できる。なお、鉄塔による反射波は、鉄塔から直接到達するものに加え、塔屋壁面で反射されたものも測定点に到来する。そのため、最大到来方向は、鉄塔方向と壁面との中間方向になると考えられる。実際に観測される最大到来方向も北から-15度の方向となっている。

表2. 2. 4. 6. 1 反射波計算リンクバジェット(測定位置#10、19ch)

| 項目 | 鉄塔1(北) | 信州大学(北) | 検察庁(南) | 長野県庁(南) | GF回折波 |
|--------------------------|--------|---------|--------|---------|-------|
| 周波数(MHz) | 509 | 509 | 509 | 509 | 509 |
| 波長(m) | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 |
| 送信・受信距離(m) | 64 | 222 | 102 | 922 | 51 |
| 送信・反射距離(m) | 48 | 103 | 59 | 469 | — |
| 反射・受信距離(m) | 16 | 119 | 43 | 453 | — |
| フレネル半径(m) | 2.7 | 5.7 | 3.9 | 11.7 | — |
| 等価反射断面長(m) | 0.5 | — | 2.0 | — | — |
| 正規化断面率(dB) | -10.3 | — | -6.0 | — | — |
| 遮蔽損(dB) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -6.0 | -22.0 |
| 送信電力(dBm) | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| Pointing電力(dBm) | -47.1 | -57.9 | -51.7 | -70.3 | -45.1 |
| 等価開口: λ/π (dB) | -14.5 | -14.5 | -14.5 | -14.5 | -14.5 |
| アンテナ利得 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 0.0 |
| 給電線損 | -2.0 | -2.0 | -2.0 | -2.0 | -2.0 |
| 終端損 | -6.0 | -6.0 | -6.0 | -6.0 | -6.0 |
| 受信電力(dBm) | -63.9 | -64.5 | -64.2 | -82.8 | -79.6 |



(A) GF方向(4.5m高) (B) 北方向(4.5m高)

図2. 2. 4. 6. 1. 2 遅延特性(測定位置#10)

2.2.4.6.2 南方向からの反射波

実地試験場所に隣接する「長野検察庁舎」屋上には、反射波の要因となる塔屋があり、その地上高は、ギャップファイラー送信高と同程度である(図2.2.4.6.2参照。)。そのため、反射点におけるフレネルゾーンの上半分の部分には、反射体が存在しないことになる。表2.2.4.6.1の計算では、これを考慮して「正規化断面率」の値を-6dBとした。

「長野県庁舎」あるいは「国際ホテル21」からの反射波は、経路途中の建造物により、ある程度の遮蔽損失を受けるものと想定される。「裁判合同庁舎」や「長野検察庁舎」など、反射波経路の途中にある建物の位置や形状を正確に知ることができれば、遮蔽損失を計算することが可能であるが、ここでは、これら建物の地上高が概ね測定受信高と同程度であることから、遮蔽損失として-6dBを仮定した。

以上の仮定に基づいた計算結果は、表2.2.4.6.1に示すとおりである。南方向に関して、ギャップファイラー回折波よりも「長野検察庁舎」による反射波の方が強いことが示されている。図2.2.4.6.2.1は、測定ポイント#10において実際に観測された遅延特性の波形であるが、遅延時間2.7 μ secの位置に遅延波が到来していることがわかる。

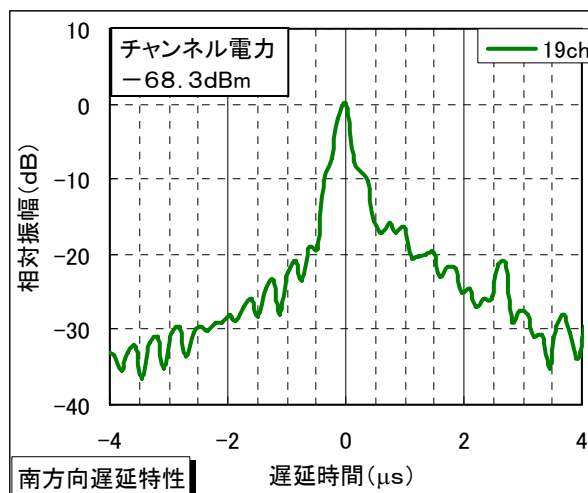


図2.2.4.6.2.1 遅延特性(測定位置#10)

2.7 μ secの遅延時間差は、810mの伝搬距離に相当し、これは、丁度2つの反射波(長野県庁舎および長野検察庁舎からの反射波)の伝搬距離差に一致する。また、表の計算では、両反射波のレベル差として18.7dBが得られており、実測値(-20dB)とほぼ一致している。

チャンネル電力の計算値(-64.2dBm)は、測定値(-68.3dBm)より約4dB大きい。この差は、計算で仮定した「正規化断面率」や「遮蔽損」の値が実際と若干異なることに起因すると考えられる。例えば、「長野検察庁舎」塔屋の地上高が測定アンテナの地上高より1m低いと仮定すると、その分だけ「正規化断面率」が減少することになる。その場合のチャンネル電力は-67dBmと計算され、実測値とほぼ一致する。さらにフレネル積分を用いて厳密に計算すると、-69dBmとなり、測定値と一致する。

以上のように、反射面におけるフレネルゾーンを考慮して計算する方法(図2.2.4.6.1.1参照。)は、簡易な計算であるにもかかわらず、反射波をかなり正確に予測しており、この計算方法は、ギャップファイラーの設置検討にあたって有効な検討手段であるものと考えられる。

2.2.4.7 回折波の周波数特性

遮蔽領域における電界は、位置や周波数により大きく変動する場合がある。図2.2.4.7は、その例として、測定ポイント#6～#11におけるギャップファイラー回折波を計算したものである。

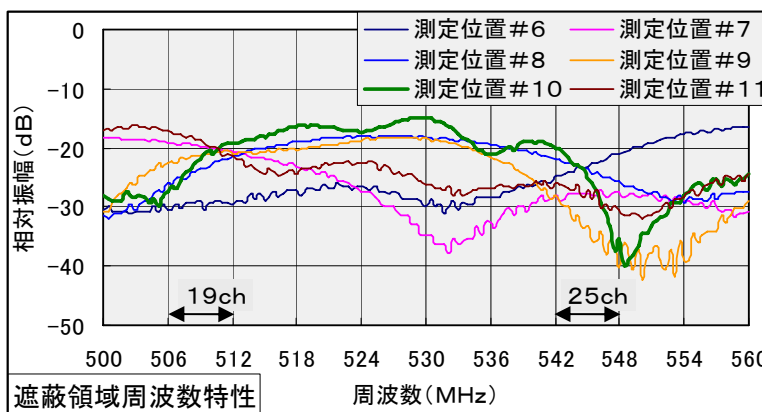
同図(A)は、測定高3mにおけるチャンネル電力の計算値である。測定ポイントにより特性が大幅に異なることが分かる。なお、計算では、前述のアンテナ等価開口を考慮している。

同図(B)は、測定ポイント#10における19chのハイトパターンの計算値である。図中、点線のグラフは、ISDB-T信号の各セグメント中心周波数に対する計算値、太実線のグラフは、それらを電力平均したものでチャンネル電力に相当する。図のように、この例では受信高4.5以下の遮蔽の深い領域で周波数依存性が顕著に現われている。

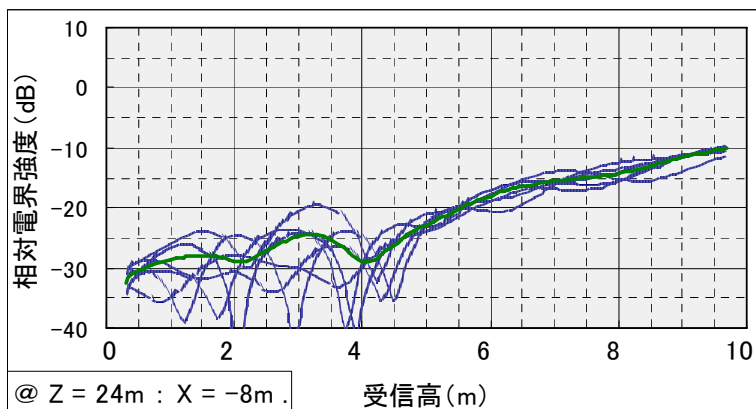
ギャップファイラーの設置検討においては、このような周波数依存性の存在を認識することが重要である。

ギャップファイラーの設置場所の事前調査では、帯域内の各周波数に対して、回り込み量などを逐一測定するのは非現実的であり、実際にはチャンネル電力を測定するのが一般的であるものと考える。

この場合、チャンネル電力の測定値から求めた回り込み量が所定値を満たしているとしても、6MHzの帯域内のすべての周波数に対して所定値を満たしているとは限らない。次節で述べるように、ギャップファイラーの送受分離に関しては、帯域内で回り込み量が最も大きくなる周波数で検討する必要がある。



(A) 周波数特性(3m高)



(B) ハイトパターン(測定位置#10/19ch)

図2.2.4.7 周波数依存性の計算例

2.2.4.8 送受分離(回り込み量)の所要条件

送受回り込みがあると、ギャップファイラーの送信波には図2.2.4.8.1に示すように、帯域内にリップルが生じる。図のように回り込み量(FB)が0dBに近づくにしたいが、周波数特性に現れるピークが大きくなり、0dBでは特定の周波数において出力信号が無限大の振幅となり、発振状態におちいる。また、図(A)のように単一帰還路の場合の応答特性は周波数に対して単純な繰り返し特性となるが、図(B)のように複数帰還路の場合は、複雑な応答特性となることがわかる。

このように帯域内にリップルが生じる状態は、OFDMの各キャリアの送信電力が異なることに相当し、ギャップファイラーのフリンジエリアなど弱電界地点では、送信電力の低いキャリア(周波数特性でディップしている周波数のキャリア。)の受信誤りが増加することになる。

そのため、周波数特性が平坦な場合に比べて、電界強度の低いフリンジ地点などにおける受信状況が劣化することになる。これは、ギャップファイラーの送信電力が実効的に低下したことと同じであり、詳細については、ARIB TR-B14を参照されたい。

また、周波数特性にピークが存在することは、その周波数の送信電力が規定値より大きくなることを意味する。その結果、都市型ギャップファイラー(放送区域内の一部に存在する受信障害地点を救済するギャップファイラー)の場合には、想定外の与干渉障害を与える可能性が生じることにもなる。

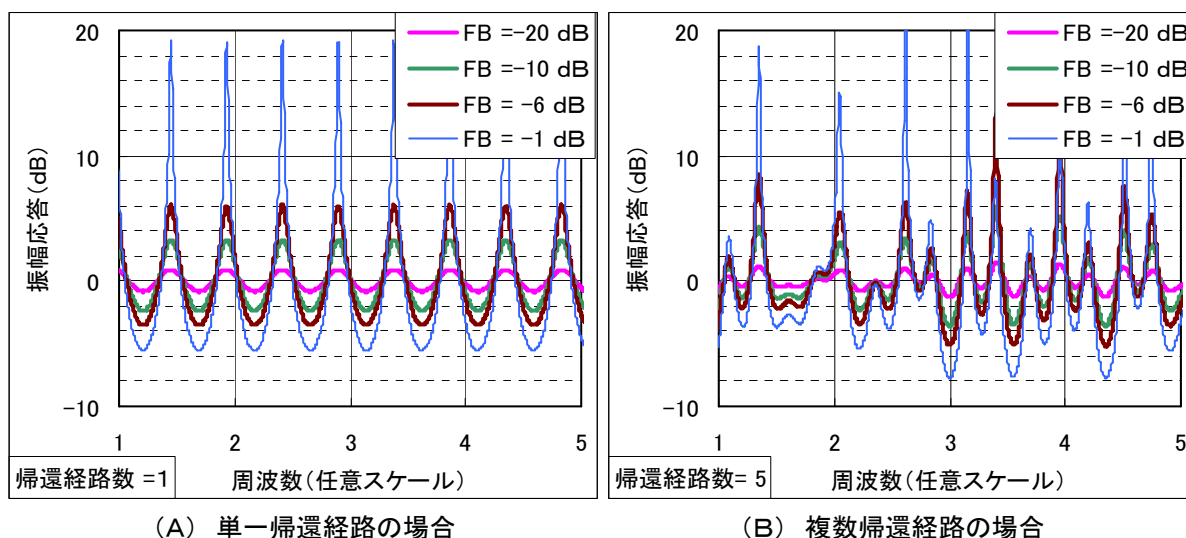


図2.2.4.8.1 回り込みのある場合のGF送信波特性(計算例)

図2.2.4.8.2は、回り込み量と振幅応答特性のピーク値との関係を計算したものである。

この計算では、帰還経路数が10の場合について、各帰還路の遅延および振幅をランダムに与え、その条件におけるピーク値を求めた。また、同一の回り込み量に対して、100組のランダムな条件を与えている。図中のドットは各々の遅延・振幅条件ごとに計算されたピーク値、太線はそれらのピーク値を回り込み量ごとに平均化したもの、細線は帰還経路数が1お

よび2の場合について計算したものである。

ギャップファイラーの送信波の品質として、仮に±3dBの周波数リップルを許容するものとする、図2. 2. 4. 8. 2を参照して、回り込み量は、-10dB以下に抑制されなければならない。また、多数の回り込み経路が存在する場合には、さらに厳しい抑制が必要となる。

SFNギャップファイラーの設置にあたっては、本来の送信周波数を用いて事前調査を行なうことが望ましいが、そのためには、放送休止措置が必要となるなど、現実的には困難な場合が多い。

今回の実地試験のように、異なる周波数を用いて事前調査を行なったとしても、回り込み量は、図2. 2. 4. 7に示すように周波数に依存して大きく変化するため、異なる周波数の測定値をそのまま使用してギャップファイラーの設計を行なうことは、送信C/Nの劣化等、設計どおりの送信品質を確保できない危険性もあり、十分な注意が必要である。測定値に対して適切なマーヅンを含めた値をもって設計すべきであると考える。

適切な設計マーヅンについては、当該地域の環境はもとより、事前調査の条件や測定、並びに計算精度にも依存するが、本実地試験で得られた遮蔽領域の電界分布の標準偏差(3 dB)や周波数依存性(図2. 2. 4. 7)など考慮すると、上記の帯域内リップルの許容値を±3dBとする条件では、10dB程度のマーヅンを見込めば十分と考えられる。この場合、回り込み量は、許容値の-10dBにマーヅンを含めて-20dB程度となる。

しかしながら、本実地試験の一例をもって、どのような場所においても一般的に適用できるマーヅン値を導出するのは、拙速であり、異なる環境における同種の測定・試験によるデータの蓄積と分析が必要と考えられる。

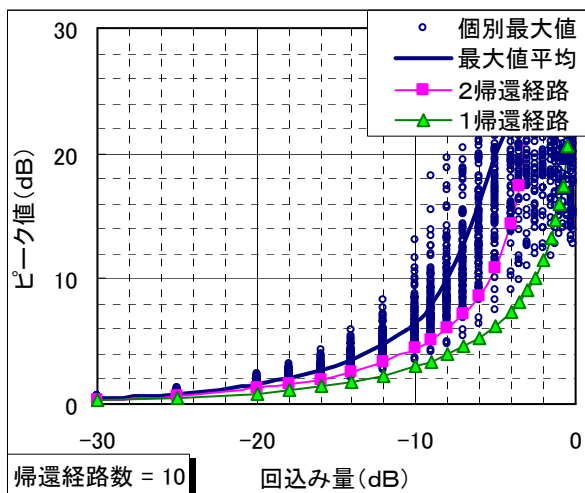


図2. 2. 4. 8. 2 回り込み量とピークレベルの関係

2.3 第2章の実地試験のまとめ

ギャップファイラーの設置にあたっては、サービスエリアや受信条件の検討はもとより、当該ギャップファイラーの電波発射に伴って二次的に発生する受信障害の検討が必要である。

特に、親局波と同一周波数で再送信するSFNギャップファイラーでは、二次的障害が発生する懸念があり、その発生地域の特定ならび障害解消手段などについて、事前に把握することが求められる。また、ギャップファイラーから発射される電波の品質についても事前検討が求められる。

二次的障害に関する調査・試験では、二次的障害の発生メカニズムならびに発生条件等について、実際に電波発射を行なって検証した。また、障害発生条件に関わる交差偏波識別度など、有用な技術データが取得された。具体的には、以下のとおりである。

- (1) 二次的障害については、発生の有無、発生地域の特定、障害解消の可否などについてフレネル積分を用いた机上シミュレーションで事前把握することが可能であり、ギャップファイラーの置局の事前検討に積極的な活用が望まれる。
- (2) ギャップファイラーが交差偏波送信（親局波と異なる偏波を使用）する場合、二次的障害の解消は受信アンテナの調整で可能であるが、同一偏波送信の場合は、全ての地域に対して解消できるとは限らない。なお、遮蔽領域における交差偏波識別度は、平均値が15dB程度、標準偏差が6dBで正規分布している。
- (3) 複数のギャップファイラーが存在する場合、ギャップファイラー間の干渉に起因する障害が稀に発生することがある。

ギャップファイラーから送信される電波の品質に大きく影響する「送受回り込み」について分析を行なうとともに、回り込み抑制に有効な手段である建造物遮蔽効果について検証した結果は、以下のとおりである。

- (1) 建造物遮蔽効果は、電界強度が、アンテナ位置のわずかな変化でも大きく変動し、また、6MHz帯域内でも大きな周波数特性を呈する場合があることから、遮蔽効果を利用するにあたっては慎重な検討が必要である。
- (2) 遮蔽領域の回折波は非一様な電界分布となる。このような電界に対して受信アンテナは、本来の特性とは異なる特性を呈する。今回の実地試験において14素子と20素子受信アンテナとは同等な特性を示し、有意な特性差は見られなかった。したがって、遮蔽効果とアンテナ指向性特性を単純に加算して回り込み量を推定しても、実際とは異なることとなり、注意が必要である。
- (3) 回り込みのある場合の送信品質を分析する手法として、フィードバックループ解析を行なった。この解析は、所要の品質を規定するにあたって、有用な情報を提供する。

第3章 地形難視対策用ギャップファイラー設置による二次的な障害の対応策

3.1 地形難視対策用ギャップファイラー設置による二次的な障害の対応策

地形難視対策用のギャップファイラーの二次的な障害に関連する実地試験は、長野県下高井郡山ノ内町を主たるサービスエリアとしている山ノ内中継局のエリア内において、地形により難視となっている山ノ内町天川地区を対象に次節以降の内容で実施した。

実地試験で使用したチャンネルは、MFNでは19及び25chを使用した。このチャンネルは、山ノ内町及びその周辺で使用されていないことから混信による障害は発生しない。SFNについては、山ノ内局と同一のチャンネルである13～18chを使用した。次の対応を行うことにより、障害防止を徹底した。同地区及び渋温泉地区の大半は、現在、有線共聴施設によりテレビを受信していることから、ギャップファイラーの電波を発射してもその影響を受けない。また、同地区の周辺では、個別受信により山ノ内局の電波を受信しているが、アナログの山ノ内局の電波は全てのチャンネルがVHFであることから、デジタル放送を受信している世帯の把握は、UHFアンテナの有無を目視により把握することで可能であり、MFNを使用して飛び出し波の電界強度を測定するとともに、このデータを活用してエリアからの飛び出しによる障害が発生しないように送信電力を調整して障害の発生防止を徹底した。

3.2 実地試験の概要

3.2.1 実地試験の目的

ギャップファイラーは、地形的要因により局所的に発生する受信困難地域を解消する手段として期待されている。とりわけ地形的要因による難視聴地域でデジタル放送を受信するためには、老朽化した有線共聴施設の改修が必要になるが、その改修手法は、デジタル用のヘッドアンプの追加のみならず、幹線増幅器の取り替えや幹線及び引き込み線の張り替えまで改修工事が必要になる場合も多く、共聴施設の新設と同等の多大な費用が必要になる。

また、デジタル化の改修に併せて幹線や引き込み線が私有地の上空を横断している状況の改善を望む声が多くなって来ているようである。

このように共聴施設の改修は、費用面でも手続き面でも課題が生じている状況にあることから、これらの課題を解消するために、より整備費が安く、手続きが比較的簡単で、短期間で設置が可能なギャップファイラーの構築手法及び二次的な障害の解消手法等に関する以下の5つの項目について、実地試験を行うことを目的とした。

調査事項1:送信点及び送信アンテナの種別の違いによるサービスエリアの確認

及びサービスエリア外への飛び出し状況の調査・検証

調査事項2:ギャップファイラーの交差偏波識別度の調査・検証

調査事項3:ギャップファイラーの設置にともなう二次的な障害対策に関する

調査・検証

調査事項4:ギャップファイラーの設置を容易に行うためのモデル化の調査・検証

調査事項5:送受回り込み抑制に関する調査・検証

3.2.2 実地試験の日時

実地試験は、機器の動作試験や調整を平成20年11月20日～23日まで実施し、本試験を11月25日～12月2日までの8日間実施した。なお、12月1日には本実地試験を主催する調査検討会の委員や実地試験にご協力をいただいた関係者に対して公開実験を実施した。

3.2.3 実地試験の場所

実地試験を行った場所は、長野県下高井郡山ノ内町に設置されている山ノ内中継局のサービスエリア内で、地形の関係から部分的に受信困難な地域となっている山ノ内町天川地区を中心に実地試験を行った。

図3.2.2実地試験場所周辺の地図を示す。山ノ内中継局からの電波は図の左側から右側に向かって伝搬するが、赤線で囲った範囲が地形の関係から法定電界の $60\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ を下回り、受信が困難になっているエリアであり、A1からA4の4つのポイントが山ノ内中継局及びギャップファイラーの電界強度を測定したポイントである。

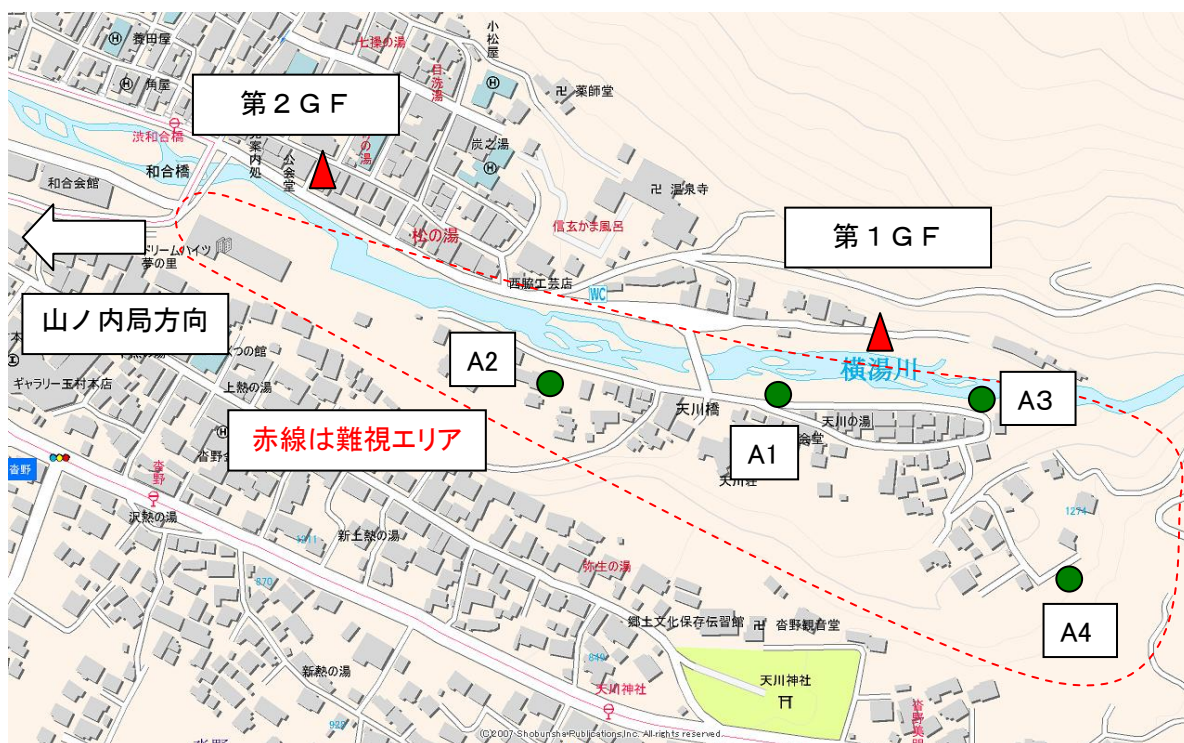


図3.2.3 実地試験場所周辺の地図

このエリアのほぼ中央になる天川橋横の横湯川右岸の河川敷に第1ギャップファイラーを、また、このエリアの最も山ノ内中継局よりとなる渋温泉内のホテル西正の屋上に第2ギャップファイラーをそれぞれ設置した。なお、受信親局は第1及び第2ギャップファイラーともに山ノ内中継局とした。

ギャップファイラーの設置に関して多大なご協力をいただいた、長野県殿、山ノ内町殿、沓野区天川組殿、温泉寺殿、(有)豆屋組殿及びホテル西正殿に御礼を申し上げます。

3.3 事前検討

実地試験を効率的かつ効果的に進めるため、机上検討により実地試験対象地区の全般的な特性を把握するため、建造物による遮蔽減衰量やSFN混信障害発生確率等、下記の項目についてシミュレーション計算を実施した。

- ①山ノ内局の電波の電界強度(地形難視地点の特定)
- ②ギャップファイラーの電波の電界強度
- ③SFN混信障害発生地点

3.3.1 山ノ内局の電界強度のシミュレーション

ギャップファイラーは一般的にエリアのフリンジまで1Kmに及ばないような狭小な地域をカバーすることから、電力が比較的に大きく、広い範囲をサービスエリアとする中継局等で使用する1Kmメッシュあるいは50mメッシュデータでは、ギャップファイラーの狭小なエリアを判断することは十分ではないものと考えられる。このため、今回のシミュレーションでは1mメッシュのデータを使用し、かつ地上の構造物や森林の状況が入力された地図データを使用したシミュレーターによりシミュレーションを行った。

山ノ内局の電界強度のシミュレーション結果は図3.3.1及び3.3.2のとおりである。

シミュレーションを行ったエリアの山ノ内局の電界強度は65dB μ V/m程度と計算される。この電界強度が図3.3.3の丘陵によって遮蔽されている場所にあつては、電界強度が10～40dBの範囲で低下している状況が示されている。

当然の結果ではあるが、50mメッシュによるシミュレーションでは、計算の範囲が荒いため電界強度が低下している範囲が把握しづらい状況になっている。なお、50mメッシュのシミュレーションでは建物や森林の情報が考慮されていないため、電界強度の低下の度合いが少なくなっている。



図3.3.3 山ノ内局を遮蔽する丘陵
(第1GF受信点から撮影)

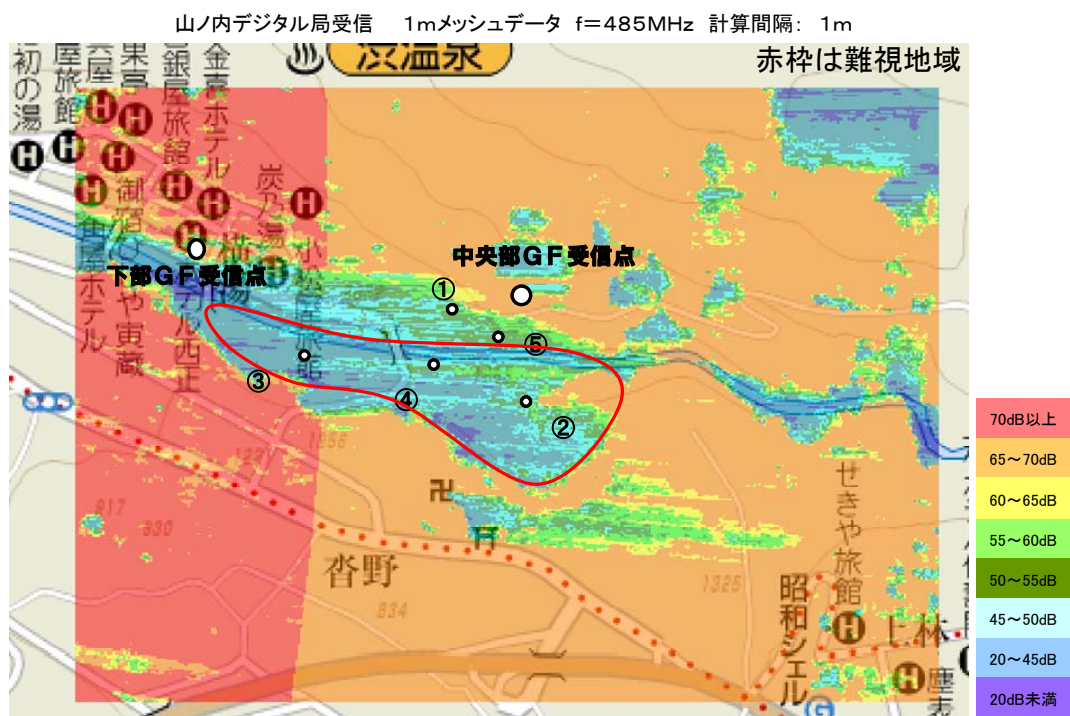


図3. 3. 1 山ノ内局電界強度シミュレーション(1mメッシュ)

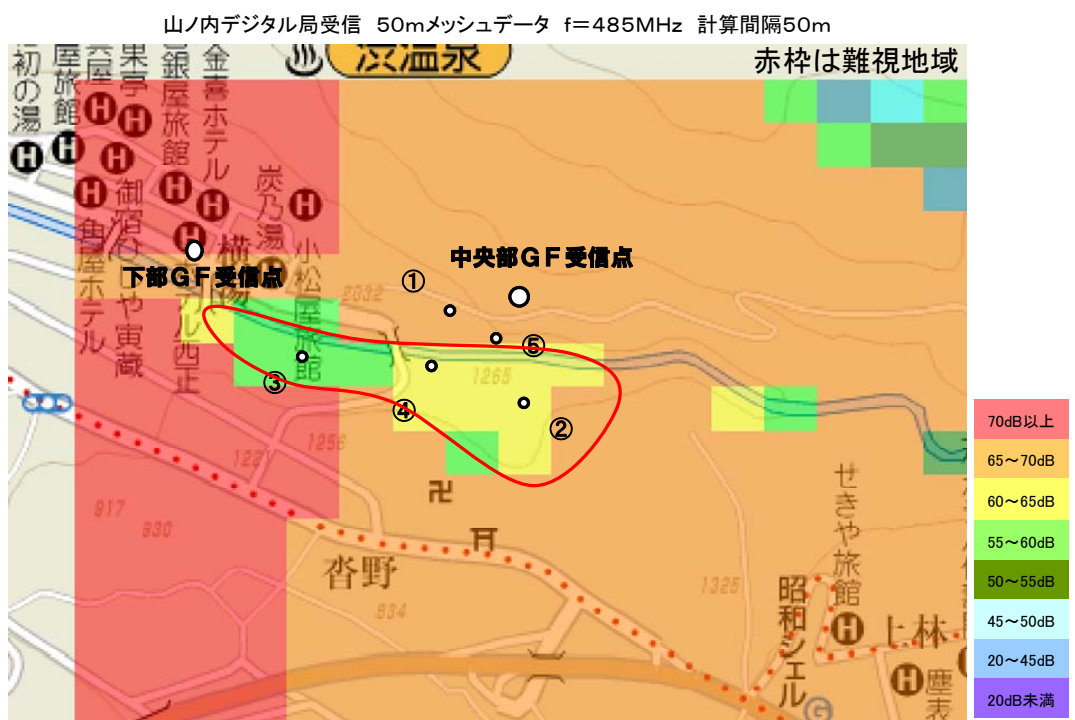


図3. 3. 2 山ノ内局電界強度シミュレーション(50mメッシュ)

3.3.2 ギャップファイラーの電界強度のシミュレーション

山ノ内局の電界強度が丘陵により低下し、受信が困難になっているエリア(以下、ハッチエリアという。)において、このハッチエリアを救済するためのギャップファイラーの送信電力や送信アンテナの構成などの送信諸元を確定するために、ハッチエリアの中央部に設置することとした第1ギャップファイラーと、ハッチエリア下部の最も山ノ内局寄りに設置することとした第2ギャップファイラーのそれぞれの電界強度についてシミュレーションを行った。

3.3.2.1 第1ギャップファイラーの電界強度のシミュレーション

ハッチエリアの中央部に設置することとした第1ギャップファイラーについて、送信アンテナを無指向とした場合と8素子リングアンテナ1段2面構成とした場合のシミュレーション結果を図3.3.2.1.1及び図3.3.2.1.2に示す。

送信アンテナに無指向アンテナを使用した場合は、ハッチエリアのほぼ全ての地点で法定電界強度の $60\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ を満足している。また、約80%位の地点で $65\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 以上の電界強度が確保されているが、周辺への飛び出しが大きい状況になっている。なお、送信点右下の電界強度が低下している場所は大きな杉林がある場所であり、この樹木の減衰により電界強度が低下しているものと考えられる。

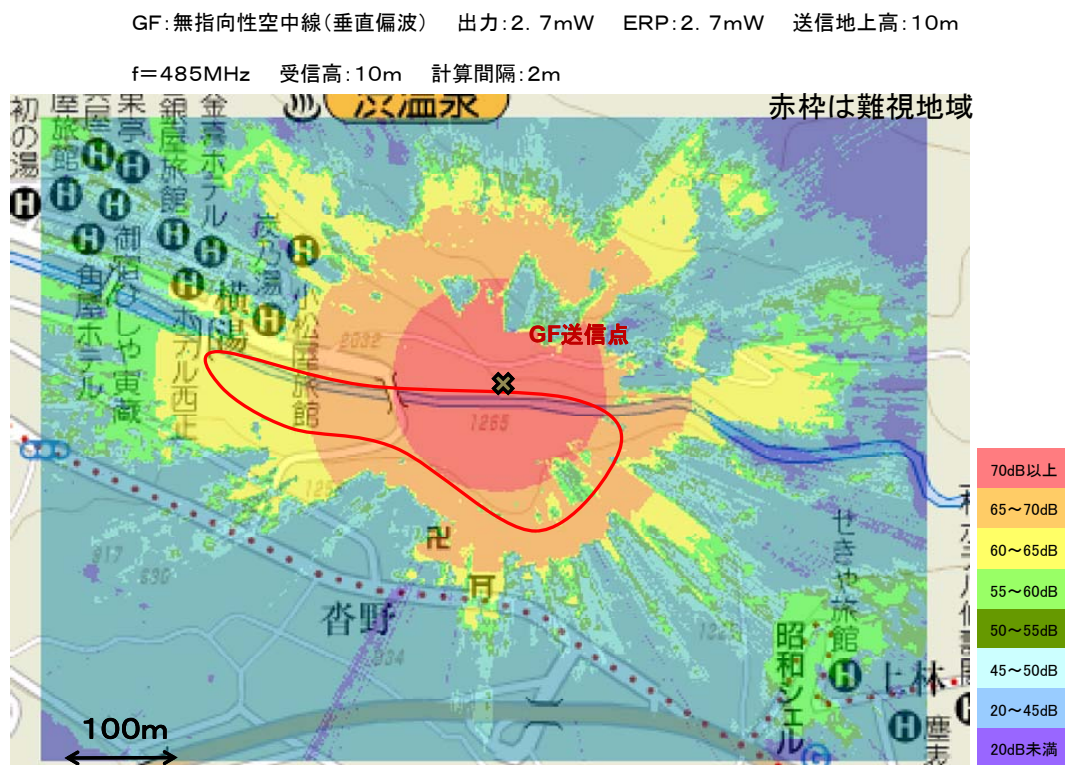


図3.3.2.1.1 第1GF 無指向送信アンテナシミュレーション

送信アンテナを指向性のある8素子リングアンテナを使用してハッチエリアに合うように、真北から130度方向と同じく250度方向の1段2面とした場合は、ハッチエリアのほぼ全ての地

第3章 地形難視対策用ギャップフィラー設置による二次的な障害の対応策

点で法定電界強度の $60\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ を満足している。また、電界強度が $65\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 以上のエリアが無指向アンテナに比較して減少するものの、エリア外への飛び出しは格段に少なくなっている。なお、送信点右下の電界強度が低下している理由は無指向アンテナと同様である。

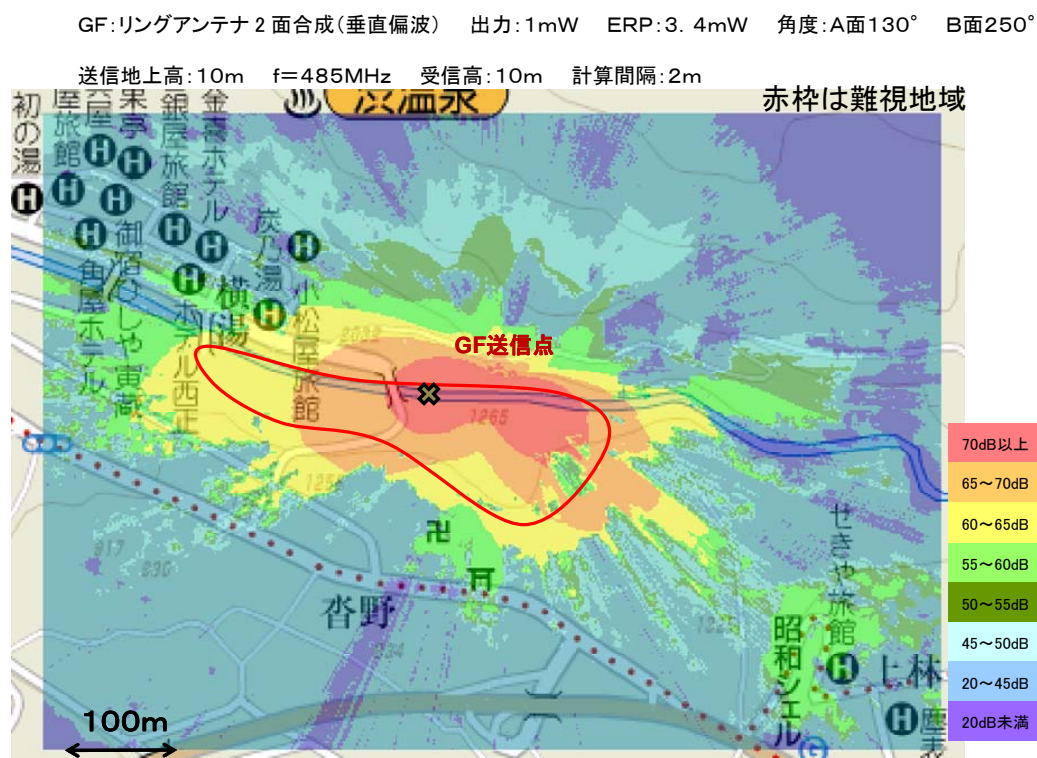


図3. 3. 2. 1. 2 第1GF 二面合成送信アンテナシミュレーション

このシミュレーション結果から判断するとハッチエリアの中央部に送信点を設ける場合は、飛び出しによる与干渉障害の発生リスクを軽減する意味で8素子リングアンテナ2基の組み合わせによる送信アンテナ構成が適当と判断される。また、実地試験では送信アンテナと親局受信アンテナ間の距離が約50m、標高差が15mと近接しているため、送受回り込みを抑制して送信品質を保つためにも8素子リングアンテナ2基の組み合わせによる送信アンテナ構成が適当と判断される。

3. 3. 2. 2 第2ギャップフィラーの電界強度のシミュレーション

ハッチエリアは左側の下部の地点の幅が狭く、右側の上部に行くほど幅が広がる形状のため、12素子リングアンテナによるシミュレーションを行った。ハッチエリア下部の最も山ノ内局寄りに設置することとした第2ギャップフィラーのシミュレーション結果を図3. 2. 2. 2に示す。ハッチエリアのほぼ全ての場所で法定電界強度の $60\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ を満足しており、また、 $65\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ を超える地点も約70%程度となっている。エリア外への飛び出しについても沓野区のお寺付近でその存在が認められるが、この地点は送信点から見通しとなる場所であり、杉林も伐採されている場所であるためこのような結果となったものと考えられる。なお、送信

アンテナの指向方向を真北から130度方向としたが、120～125度方向位に設定した方がエリア外への飛び出しをさらに小さくすることが可能であるかもしれない。

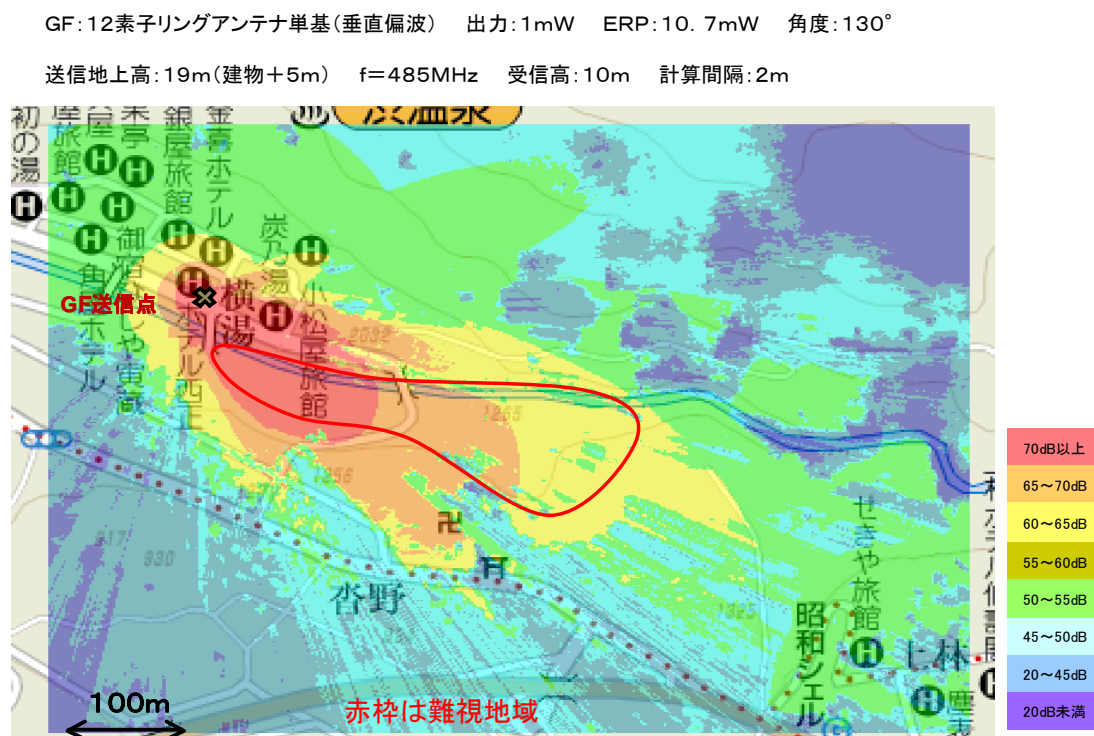


図3. 3. 2. 2 第2GF 12素子リング送信アンテナシミュレーション

3. 3. 3 ギャップファイラーによる与干渉障害のシミュレーション

ギャップファイラーの置局により与干渉障害の発生予測を行うため、山ノ内局の電界強度と第1及び第2ギャップファイラーの電界強度の差分についてシミュレーションを行った。

ギャップファイラー波の偏波面についても水平偏波及び垂直偏波の両方の偏波面でシミュレーションを行い、与干渉障害の発生予測地点の変化や交差偏波識別度の効果についても検討を行った。

3. 3. 3. 1 第1ギャップファイラーによる与干渉障害のシミュレーション

第1ギャップファイラーを2面合成の指向性アンテナで電波を発射した場合の与干渉障害のシミュレーション結果について、山ノ内局と同一の水平偏波で電波を発射した場合は図3. 3. 3. 1. 1に、山ノ内局と直交した垂直偏波で電波を発射した場合は図3. 3. 3. 1. 2に、それぞれ示す。なお、いずれの偏波でも受信アンテナは山ノ内局向けの水平偏波である。

偏波面効果を16dBと仮定してシミュレーションを行ったことから、図3. 3. 3. 1. 2の黒○印で囲った部分で交差偏波の状況がよく示されていることがわかる。

SFN与干渉障害は、フリンジなどの弱電界の場所において、希望波と妨害波の電界強度が、ほぼ同じ場合に発生することが知られているが、この条件に適合する場所をシミュレー

第3章 地形難視対策用ギャップフィラー設置による二次的な障害の対応策

シミュレーション結果から見ると炭乃湯ホテル付近、沓野の天川神社付近で与干渉障害が発生する可能性がある。

GF:リングアンテナ2面合成(水平偏波) 出力:0.9mW ERP:3.4mW 角度:A面130° B面250°

送信地上高:10m f=485MHz 受信高:10m 計算間隔:2m

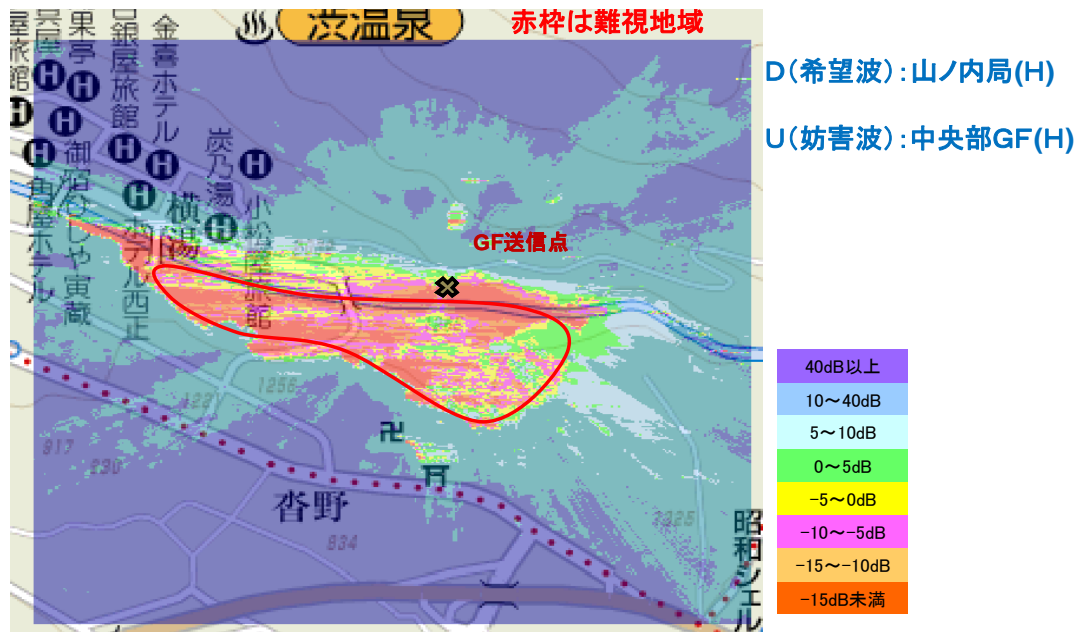


図3. 3. 3. 1. 1 第1GF 山ノ内局と同一偏波時のD/U

GF:リングアンテナ2面合成(垂直偏波) 出力:0.9mW ERP:3.4mW 角度:A面130° B面250°

送信地上高:10m f=485MHz 受信高:10m 計算間隔:2m

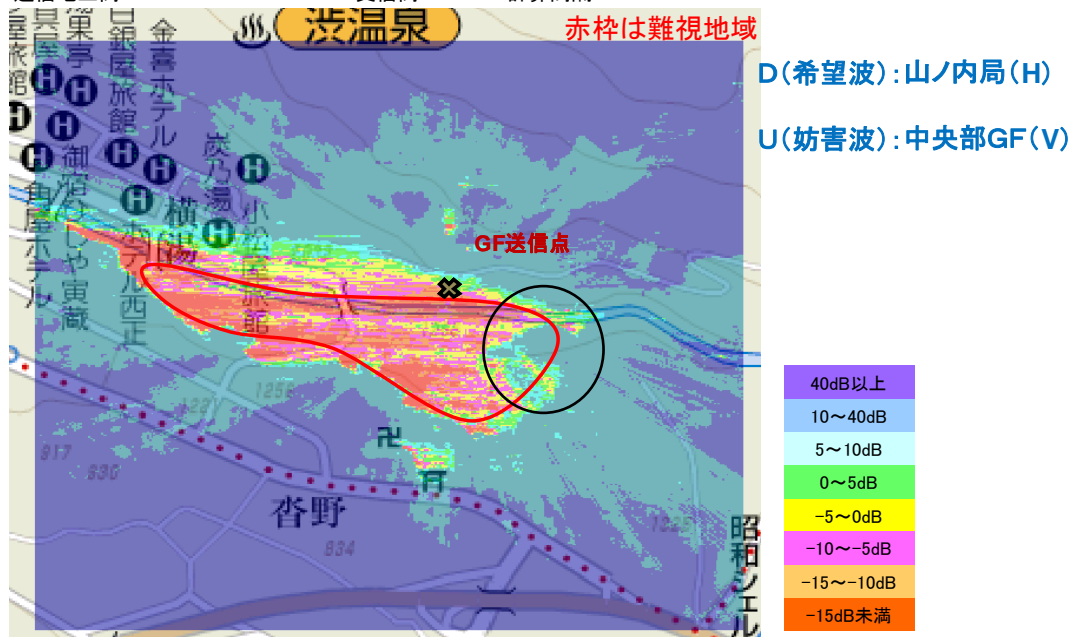


図3. 3. 3. 1. 2 第1GF 山ノ内局と交差偏波時のD/U

3.3.3.2 第2ギャップファイラーによる与干渉障害のシミュレーション

第2ギャップファイラーを指向性アンテナで電波を発射した場合の与干渉障害のシミュレーション結果について、山ノ内局と同一の水平偏波で電波を発射した場合は図3.3.3.2.1に、山ノ内局と直交した垂直偏波で電波を発射した場合は図3.3.3.2.2に、それぞれ示す。なお、いずれの偏波でも受信アンテナは山ノ内局向けの水平偏波である。

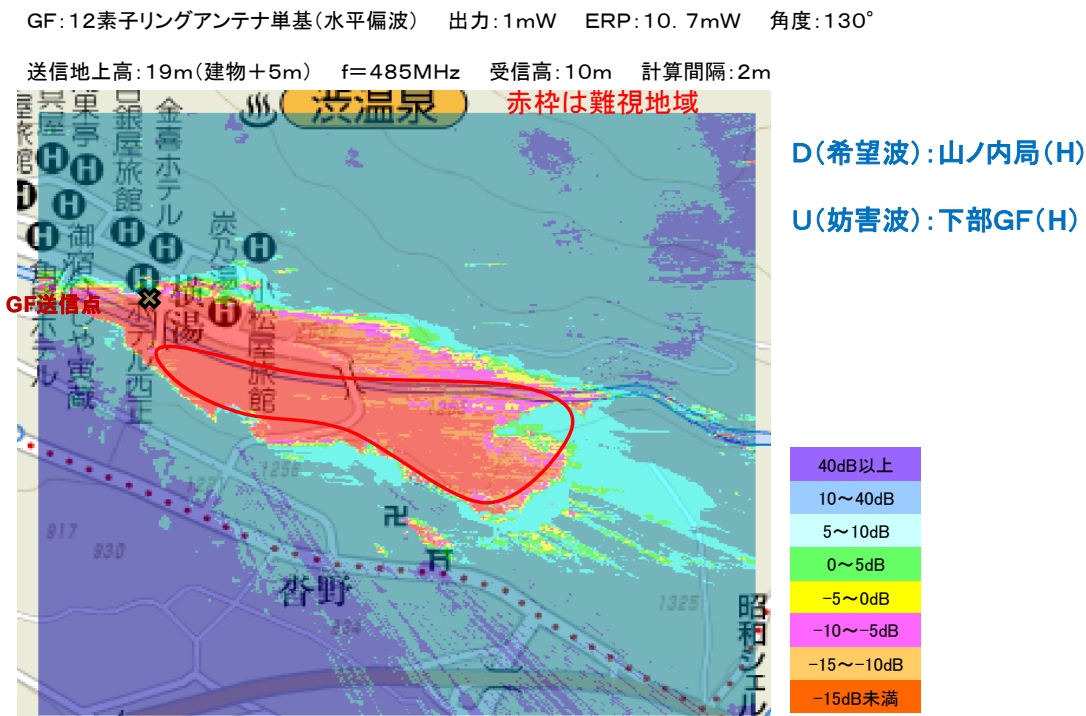


図3.3.3.2.1 第2GF 山ノ内局と同一偏波時のD/U

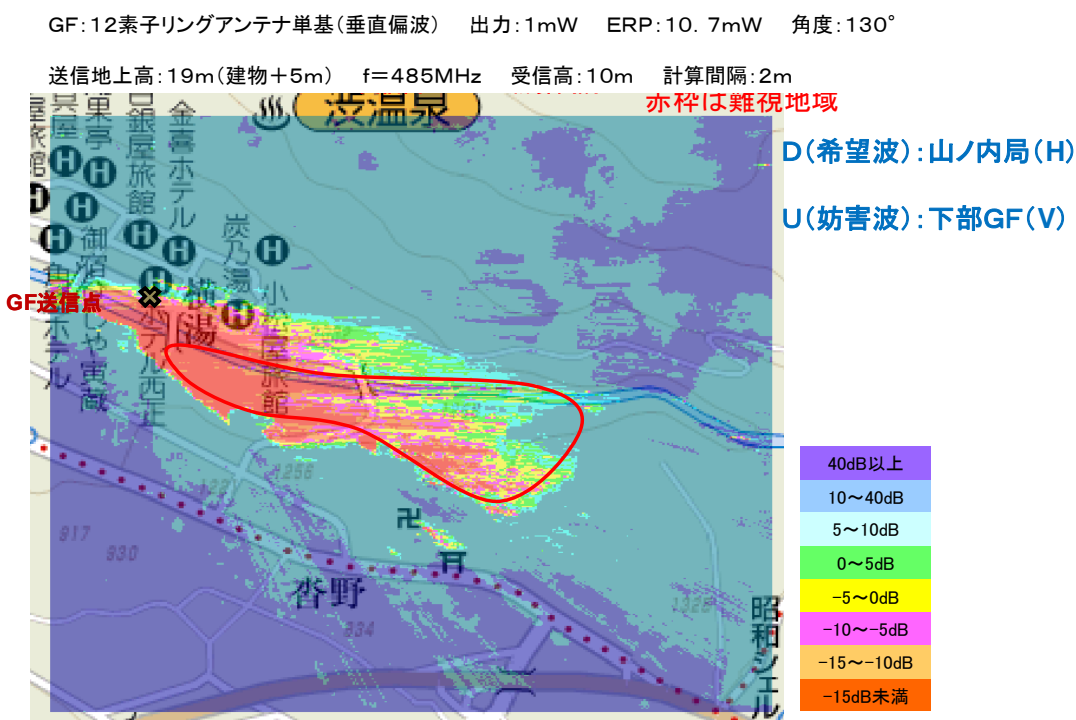


図3.3.3.2.2 第2GF 山ノ内局と交差偏波時のD/U

偏波面効果を16dBと仮定してシミュレーションを行ったことから、第2ギャップファイラーを交差偏波で送信することにより、エリア内のD/Uが全体的に改善されている様子がよくわかる。

SFN与干渉障害は、フリンジなどの弱電界の場所において、希望波と妨害波の電界強度が、ほぼ同じ場合に発生することが知られているが、この条件に適合する場所をシミュレーション結果から見ると炭乃湯ホテル付近、天川地区の最も標高の高い地点であり、測定ポイントA-4付近で与干渉障害が発生する可能性がある。

3.4 実地試験系統

本実地試験では、地形難視を解消するために天川橋横の横湯川右岸のハッチエリア中央部に設置した第1ギャップファイラー及びハッチエリアの最も下部となる洪温泉のホテル西正の屋上に設置した第2ギャップファイラーのそれぞれの試験系統は、図3.4.1及び図3.4.2のとおりである。

いずれのギャップファイラーにおいても、送受設備を2式設置し、装置の違いによる諸課題の検証も行った。そのための分配器、切替器などがあり、若干複雑な系統になっている。

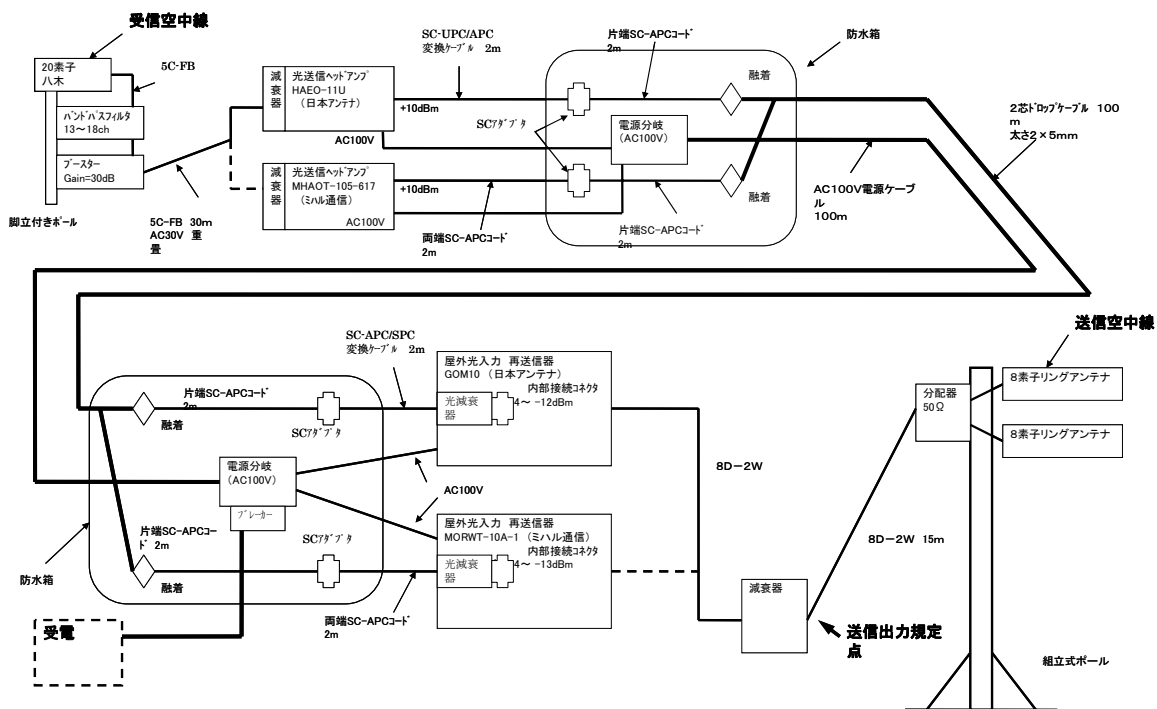


図3.4.1 第1ギャップファイラーの無線設備系統図

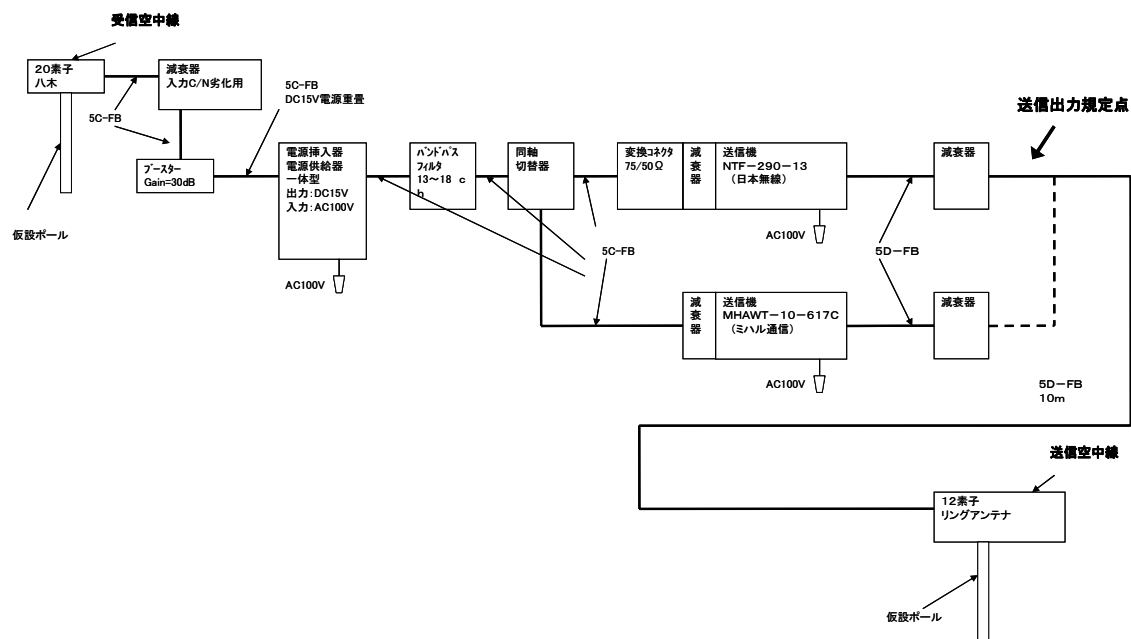


図3. 4. 2 第2ギャップファイラーの無線設備系統図

3. 4. 1 第1ギャップファイラーの設置状況

第1ギャップファイラーは、送信アンテナと受信アンテナを別の場所に設置する送受分離方式で設置した。

ハッチエリアより、約30m標高の高い温泉寺墓地横に親波受信用20素子アンテナを設置し、山ノ内局の信号(13~18ch)を受信した。受信信号は、バンドパスフィルタを經由して前置増幅器(利得30dB)に入力された後、同軸ケーブルにより、受信部に伝送される。

受信部では、チャンネル毎のレベル調整などの処理を行なった後、電気/光変換を行い、光信号は、光ケーブルを介して、町道横湯・地獄谷線を架空横断して横湯川右岸の送信機に接続され、光/電気変換されて送信機出力信号となる。

図3. 4. 1. 1に概略図を、図3. 4. 1. 2に設置状況をそれぞれ示す。

第1ギャップファイラーの受信点は、山ノ内局からの電波が受信可能な温泉寺墓地の横の高台に受信アンテナを設置し、町道横湯・地獄谷線の擁壁にヘッドアンプ等を仮設した。

受信アンテナは、受信点におけるハイトパターンを考慮して、高さの調整ができるように伸縮ポールを利用し、脚立を利用した簡易固定とした。

受信アンテナの直ぐ下に、不要な電波を除去するバンドパスフィルタ、C/N劣化を補う前置増幅器を取り付け、受信点設備のヘッドアンプまでは同軸ケーブルにより受信信号を伝送した。

町道横湯・地獄谷線の擁壁に仮設した受信点設備にはヘッドアンプ及び電源分岐箱を設置した。ヘッドアンプにはチャンネルごとに利得を調整できる増幅ユニットパネルと、送信設備へ信号を送るため光ファイバーに変換する電気/光変換ユニットがある。

第3章 地形難視対策用ギャップファイラー設置による二次的な障害の対応策

第1ギャップファイラーは、2式の送受信設備を使用したため、それぞれのヘッドアンプへの電力供給に電気分岐箱を設置して分岐供給した。なお、この分岐箱の空きスペースを使用して、送信点へ信号を伝送するための光ファイバー接続箱としても使用した。

受信点と送信点を結ぶ、信号用光ファイバー及び電力ケーブルについては町道横湯・地獄谷線の道路横断が必要になったことから、約5mの高さで架空により仮設した。

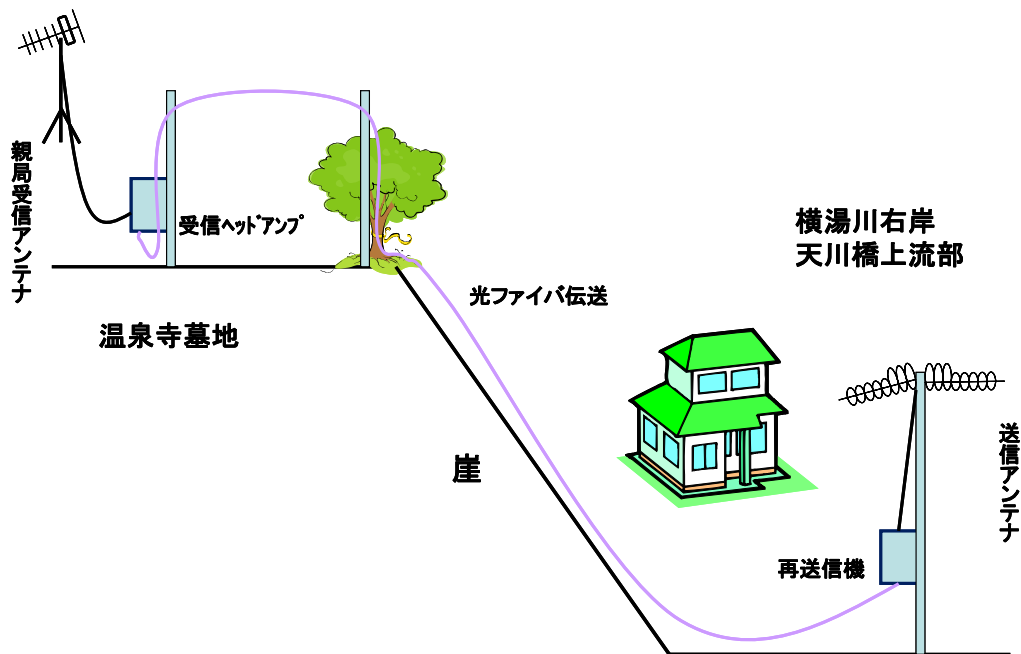


図3. 4. 1. 1 第1ギャップファイラー概略図



(A) 第1GFの受信点設備全景

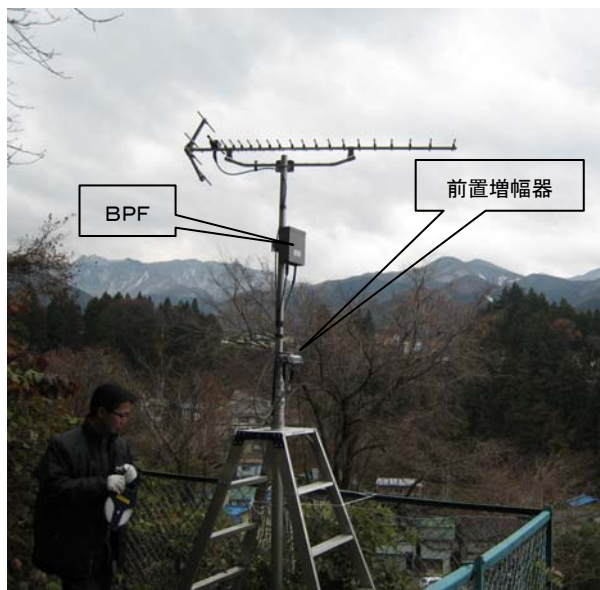


(B) 第1GF山ノ内局受信アンテナ

図3. 4. 1. 2(1/3) 第1ギャップファイラーの設置状況



(C) 第1GFの受信アンテナ工事風景



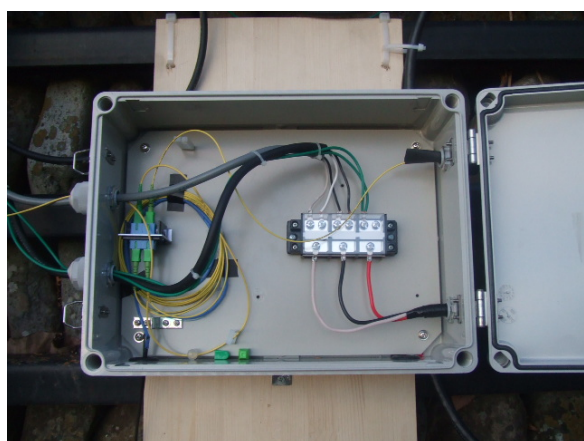
(D) 第1GFの受信アンテナ構成



(E) 第1GFの受信設備



(F) 第1GFのヘッドアンプの内部



(G) 第1GFの電源分岐箱の内部



(H) 第1GFの光ファイバー等の設置状況
(赤線で示した部分)

図3. 4. 1. 2(2/3) 第1ギャップファイラーの設置状況

第3章 地形難視対策用ギャップフィラー設置による二次的な障害の対応策

送信点については受信点設備から約30m下がった、天川橋上流の横湯川右岸河川敷に仮設した。

送信アンテナ柱には、送信用アンテナの荷重にも十分耐えることができる支線付きの伸縮ポールを使用した。送信アンテナは、ハッチエリアの中央部と一番奥の地域をカバーするため、8素子リングアンテナを1段2面で設置した。なお、アンテナ下部に電力分配器を取り付け、分配比1:1で給電した。

送信機及び電力分岐箱については、伸縮ポールの金属製の支柱に取り付けた。



(I) 第1GFの送信点全景



(J) 第1GFの送信アンテナ工事風景



(K) 第1GFの送信アンテナ拡大図
(8素子リングアンテナと電力分配器)



(L) 第1GFの送信機
(上が第1送信機、下が第2送信機)

図3. 4. 1. 2(3/3) 第1ギャップフィラーの設置状況

3.4.1.1 第1ギャップファイラーの受信信号品質と送信品質

第1ギャップファイラーの受信点における受信信号の品質を表3.4.1.1.1に示す。

また、ハッチエリア内の測定ポイントA1「天川の湯駐車場」における実測結果を表3.4.1.1.2に示す。

表3.4.1.1.1 第1GF受信点の受信信号品質

| 受信チャンネル | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|--------------------|-------|-------|------|------|-------|--------|
| 中心周波数(MHz) | 473 | 479 | 485 | 491 | 497 | 503 |
| 放送局名 | NHK教育 | テレビ信州 | 長野放送 | 信越放送 | NHK総合 | 長野朝日放送 |
| 端子電圧(dB μ V) | 75.5 | 76.7 | 77.4 | 77.9 | 77.6 | 77.3 |
| 電界強度(dB μ V/m) | 71.1 | 72.2 | 73.2 | 73.7 | 73.5 | 73.1 |
| MER 総合(dB) | 33.7 | 33.2 | 33.1 | 34.5 | 32.9 | 35.3 |
| MER B階層(dB) | 33.0 | 32.5 | 32.5 | 33.8 | 32.3 | 34.6 |

表 参考 端子電圧→電界強度 換算値

| 項目 | 型名 | チャンネル(ch)/中心周波数(MHz) | | | | | |
|---------------|--------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 13/473 | 14/479 | 15/485 | 16/491 | 17/497 | 18/503 |
| アンテナ実効長(dB) | | -13.9 | -14.0 | -14.1 | -14.2 | -14.3 | -14.4 |
| アンテナ利得(dBd) | 20KU-L | 10.1 | 10.2 | 10.3 | 10.5 | 10.6 | 10.8 |
| フィルタ挿入損失(dB) | BPF1318 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 |
| 増幅器利得(dB) | NPA-30U2 | 31.3 | 31.4 | 31.3 | 31.2 | 31.1 | 31 |
| 1分岐器挿入損失(dB) | CS-101CW | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 |
| 同軸ケーブルロス(dB) | S-5C-FB(30m) | 4.3 | 4.3 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| 終端補正值(dB) | | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 |
| 端子電圧→電界強度 換算値 | | -4.4 | -4.5 | -4.2 | -4.2 | -4.1 | -4.1 |

電界強度=端子電圧-各種利得(アンテナ・増幅器等)+各種ロス(同軸・分配器等)-アンテナ実効長+終端補正值

表3.4.1.1.2 第1GFの送信品質等 測定ポイント;A1「天川の湯駐車場」

| チャンネル | 周波数 (MHz) | 送信MER[dB] | | 実聴結果 | |
|-------|--------------|-----------|------|------|------|
| | | 第1装置 | 第2装置 | 第1装置 | 第2装置 |
| 13 | 473.142857 | 30.2 | 31.2 | ○ | ○ |
| 14 | 479.142857 | 31.6 | 33.2 | ○ | ○ |
| 15 | 485.142857 | 31.4 | 32.1 | ○ | ○ |
| 16 | 491.142857 | 32.7 | 33.3 | ○ | ○ |
| 17 | 497.142857 | 32.3 | 32.7 | ○ | ○ |
| 18 | 503.142857 | 33.5 | 34.6 | ○ | ○ |
| 19 | 509.142857 | 31.5 | — | ○ | — |
| 25 | 545.142857 | 31.3 | — | ○ | — |

3.4.2 第2ギャップファイラーの設置状況

第2ギャップファイラーは、渋温泉内のホテルの建物の遮蔽を利用した、送受非分離方式により設置した。ホテル屋上に親波受信用20素子アンテナを設置し、山ノ内局の信号(13～18ch)を受信した。受信信号は、屋上塔屋内の前置増幅器(利得30dB)に入力された後、バンドパスフィルタを経由して同軸ケーブルにより、送受信部に伝送される。送受信部では、受信チャンネル毎のレベル調整などの処理を行なった後、可変減衰器を経由して送信信号として同軸ケーブルにより5階ベランダに設置された送信用12素子リングアンテナに伝送される。なお、可変減衰器は送信出力の調整用に使用した。なお、送信及び受信アンテナ柱は、建物を傷つけないように、受信アンテナ柱はホテルの看板の支柱に、送信アンテナ柱についてはベランダの手摺りに、それぞれ仮設した。

図3.4.2.1に概略図を、図3.4.2.2に設置状況をそれぞれ示す。

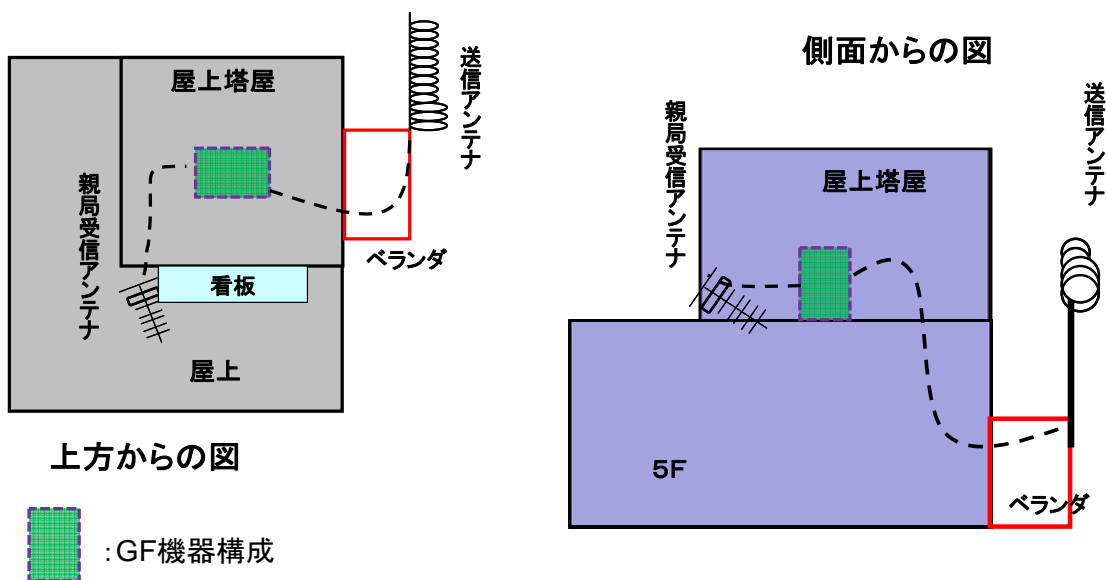


図3.4.2.1 第2ギャップファイラー概略図



(A) 第2GFの設置場所全景



(B) 第2GFの受信及び送信アンテナ

図3.4.2.2(1/2) 第2ギャップファイラーの設置状況



(C) 第2GFの受信アンテナ



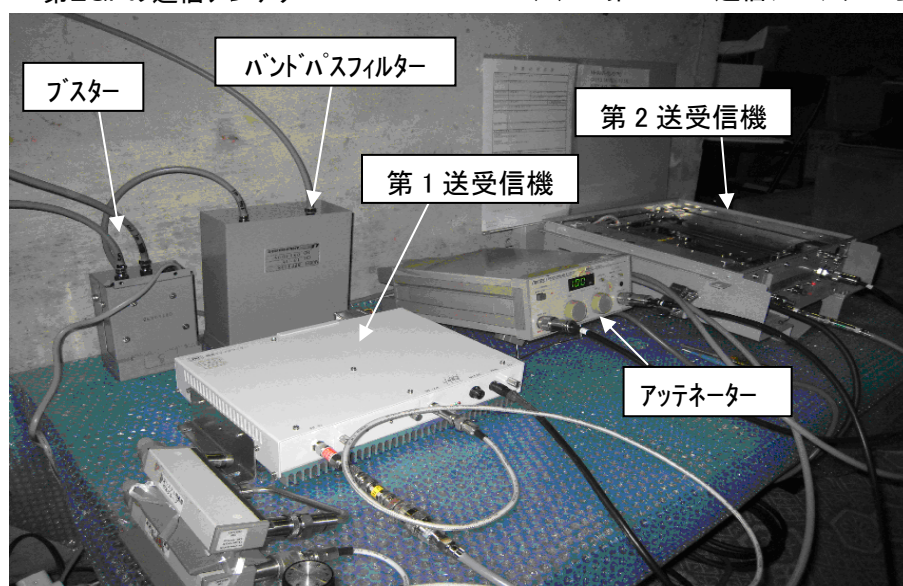
(D) 第2GFの受信アンテナから山ノ内方向



(E) 第2GFの送信アンテナ



(F) 第2GFの送信アンテナからエリア方向



(G) 第2GFの送受信装置(塔屋内部に設置)

図3.4.2.2(2/2) 第2ギャップファイラーの設置状況

3.4.2.1 第2ギャップファイラーの受信信号品質と送信品質

第2ギャップファイラーの受信点における受信信号の品質を表3.4.2.1.1に示す。

また、ハッチエリア内の測定ポイントA1「天川の湯駐車場」における実測結果を表3.4.2.1.2に示す。

表3.4.2.1.1 第2GF受信点の受信信号品質

| 受信チャンネル | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|--------------------|-------|-------|------|------|-------|--------|
| 中心周波数(MHz) | 473 | 479 | 485 | 491 | 497 | 503 |
| 放送局名 | NHK教育 | テレビ信州 | 長野放送 | 信越放送 | NHK総合 | 長野朝日放送 |
| 端子電圧(dB μ V) | 91.9 | 92.6 | 92.9 | 92.7 | 92.5 | 92.7 |
| 電界強度(dB μ V/m) | 74.5 | 75.1 | 75.5 | 75.3 | 75.3 | 75.5 |
| MER 総合(dB) | 34.0 | 34.7 | 34.3 | 36.1 | 33.4 | 37.1 |
| MER B階層(dB) | 33.2 | 34.0 | 33.7 | 35.5 | 33.2 | 36.4 |

表 参考資料 端子電圧→電界強度 換算値

| 項目 | 品名 | チャンネル(ch)/中心周波数(MHz) | | | | | |
|---------------|-------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 13/473 | 14/479 | 15/485 | 16/491 | 17/497 | 18/503 |
| アンテナ実効長(dB) | | -13.9 | -14.0 | -14.1 | -14.2 | -14.3 | -14.4 |
| アンテナ利得(dBd) | 20KU-L | 10.1 | 10.2 | 10.3 | 10.5 | 10.6 | 10.8 |
| 増幅器利得(dB) | NPA-30U2 | 31.3 | 31.4 | 31.3 | 31.2 | 31.1 | 31 |
| 電源挿入器損失(dB) | PS-101C | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 |
| フィルタ挿入損失(dB) | BPF1318 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 |
| 同軸切替器損失(dB) | SW7FB | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 同軸ケーブルロス(dB) | S-5C-FB(5m) | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 終端補正值(dB) | | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 |
| 端子電圧→電界強度 換算値 | | -17.4 | -17.5 | -17.4 | -17.4 | -17.2 | -17.2 |

表3.4.2.1.2 第2GFの送信品質等 測定ポイント:A1「天川の湯駐車場」

| チャンネル | 周波数(MHz) | 送信MER[dB] | | 実聴結果 | |
|-------|------------|-----------|------|------|------|
| | | 第1装置 | 第2装置 | 第1装置 | 第2装置 |
| 13 | 473.142857 | 34.0 | 33.0 | ○ | ○ |
| 14 | 479.142857 | 34.3 | 34.1 | ○ | ○ |
| 15 | 485.142857 | 34.2 | 33.5 | ○ | ○ |
| 16 | 491.142857 | 35.7 | 35.2 | ○ | ○ |
| 17 | 497.142857 | 34.2 | 34.3 | ○ | ○ |
| 18 | 503.142857 | 36.7 | 35.9 | ○ | ○ |
| 19 | 509.142857 | — | 32.9 | — | ○ |
| 25 | 545.142857 | — | 33.1 | — | ○ |

3.5 実地試験の測定結果

今回の実地試験の測定は、①地形シャドーによる受信障害地点を特定するための山ノ内局の電界強度の測定、②ギャップファイラーのサービスエリアを推定するためにギャップファイラー波の電界強度の測定、③SFN与干渉障害の測定、④ギャップファイラー間の干渉障害の測定の4つに分類することができる。

以下、考察も含めた測定結果を記載するが、紙面の関係から全ての測定データは記載していないので、他の測定データについては、資料編(株)日本デジタル放送システムズの報告書を参照願いたい。

また、測定ポイントは、電測車の長時間駐車が可能な場所で、かつ地権者の了解もしくは道路使用許可が得られた場所で図3.5に示すハッチエリア内はA1～A4までの4カ所、ハッチエリア外で飛び出し等を測定するポイントをB1～B4の4カ所とした。なお、A4ポイントはハッチエリアとそうでない場所との境となることから、B1ポイントも兼ねることとした。

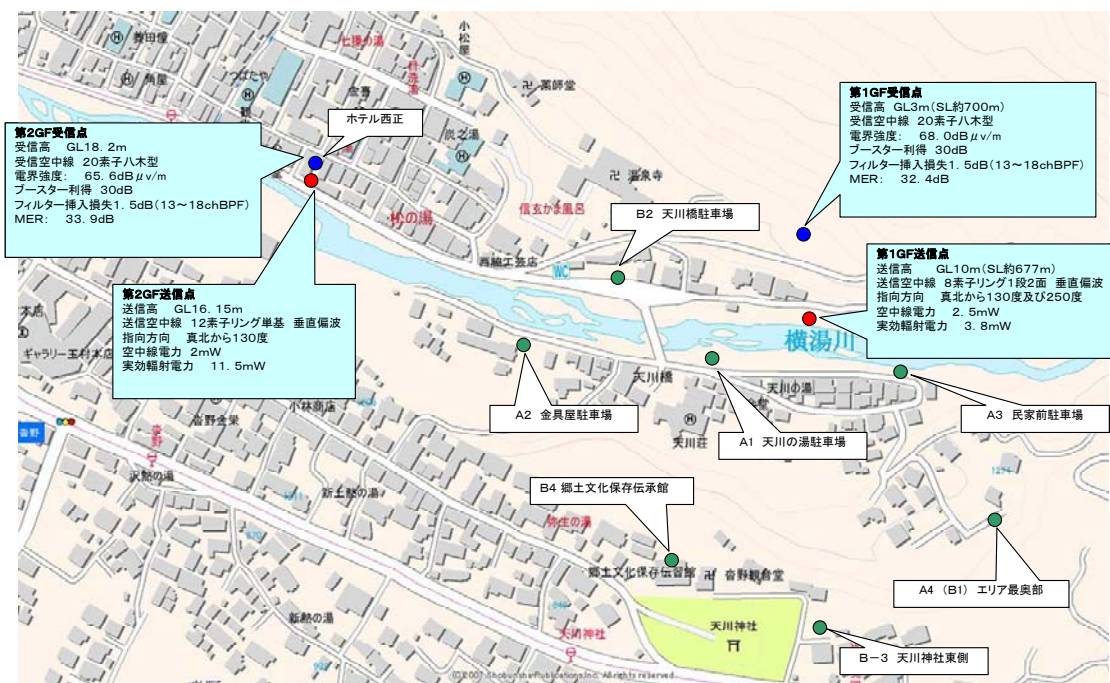


図3.5 測定ポイント

3.5.1 山ノ内局の電界強度

各種の実地試験に入る前に、地形シャドーによりハッチエリアとなる地点の山ノ内局の電界強度の測定を行った。§3.3.1の事前シミュレーションにおいて1mメッシュと50mメッシュでシミュレーションを行った計算値と実測値を比較すると表3.5.1.1のようになり、当然の結果ではあるが、1mメッシュで建造物や森林等のデータを加味したシミュレーターの計算値は実測値とほぼ同様であることがわかる。

表3. 5. 1. 1 シミュレーション結果と実測値の比較

| 測定ポイント | 15chの電界強度 (dB μ V/m) | | |
|-----------|--------------------------|--------------------|-----|
| | 50mメッシュ シミュレーション | 1mメッシュ シミュレーション | 実測値 |
| ①建設会社駐車場 | 70 | 51 | 53 |
| ②難視エリア上部 | 62 | 45 | 44 |
| ③金具屋旅館駐車場 | 45 | 41 | 46 |
| ④天川の湯駐車場 | 62 | 47 | 45 |
| ⑤天川橋上流民家前 | 67 | 51 | 51 |
| 中央部GF受信点 | 69 | 67 | 63 |
| 下部GF受信点 | 70 | 55 | 56 |

次に測定ポイントと設定した各ポイントの測定結果を表3. 5. 1. 2に示す。なお、電界強度のシミュレーションは1mメッシュで計算したものである。測定条件として、受信アンテナに20素子八木アンテナを使用し、測定高は10mとした。偏波面については山ノ内局と同一の水平偏波とした。

表3. 5. 1. 2(1/4) 各測定ポイントにおけるシミュレーション結果と実測値との比較

| 測定ポイント | A1 天川の湯駐車場 | | | | | | A2 金具屋駐車場 | | | | | |
|------------------------------|------------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 受信チャンネル | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 電界強度(実測値) dB μ V/m | 45.2 | 45.0 | 47.0 | 45.2 | 43.6 | 48.2 | 39.5 | 38.2 | 39.3 | 39.3 | 37.4 | 36.5 |
| 電界強度(シミュレーション値) dB μ V/m | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 |
| 実測値との差異 dB | -0.2 | 0.0 | -2.0 | -0.2 | 1.4 | -3.2 | 1.5 | 2.8 | 1.7 | 1.7 | 3.6 | 4.5 |
| MER 総合 dB | 19.0 | 19.0 | 20.3 | 16.5 | 16.6 | 18.0 | 16.4 | 9.8 | 13.3 | 12.0 | 6.6 | 8.8 |
| MER B階層 dB | 19.0 | 18.2 | 19.5 | 15.8 | 17.5 | 17.4 | 15.9 | 8.8 | 13.1 | 11.2 | 7.1 | 8.0 |
| 実聴結果 | ○ | × | ○ | △ | × | ○ | × | × | × | × | × | × |

表3. 5. 1. 2(2/4) 各測定ポイントにおけるシミュレーション結果と実測値との比較

| 測定ポイント | A3 民家前駐車場 | | | | | | A4(B1) エリア最遠部 | | | | | |
|------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 受信チャンネル | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 電界強度(実測値) dB μ V/m | 49.6 | 49.0 | 49.7 | 49.8 | 48.0 | 48.2 | 51.9 | 51.3 | 52.2 | 54.4 | 53.2 | 53.1 |
| 電界強度(シミュレーション値) dB μ V/m | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 |
| 実測値との差異 dB | 3.4 | 4.0 | 3.3 | 3.2 | 5.0 | 4.8 | 1.1 | 1.7 | 0.8 | -1.4 | -0.2 | -0.1 |
| MER 総合 dB | 23.7 | 25.8 | 23.0 | 24.8 | 20.8 | 23.4 | 22.0 | 23.9 | 22.8 | 24.6 | 23.1 | 24.5 |
| MER B階層 dB | 23.1 | 25.1 | 22.3 | 24.2 | 20.1 | 22.7 | 21.3 | 23.1 | 22.2 | 24.1 | 22.5 | 24.0 |
| 実聴結果 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

表3. 5. 1. 2(3/4) 各測定ポイントにおけるシミュレーション結果と実測値との比較

| 測定ポイント | B2 天川橋駐車場 | | | | | | B3 天川神社東側 | | | | | |
|------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 受信チャンネル | | | | | | | | | | | | |
| 電界強度(実測値) dB μ V/m | 47.6 | 45.6 | 48.3 | 46.7 | 48.0 | 48.6 | 46.6 | 48.0 | 50.2 | 51.9 | 52.7 | 51.1 |
| 電界強度(シミュレーション値) dB μ V/m | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 |
| 実測値との差異 dB | -0.6 | 1.4 | -1.3 | 0.3 | -1.0 | -1.6 | 4.4 | 3.0 | 0.8 | -0.9 | -1.7 | -0.1 |
| MER 総合 dB | 25.2 | 24.9 | 24.8 | 25.3 | 24.4 | 26.7 | 23.2 | 26.5 | 26.9 | 29.4 | 28.9 | 28.4 |
| MER B階層 dB | 24.6 | 24.2 | 24.0 | 24.6 | 23.7 | 26.3 | 22.4 | 25.7 | 26.3 | 28.7 | 28.1 | 27.7 |
| 実聴結果 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

表3. 5. 1. 2(4/4) 各測定ポイントにおけるシミュレーション結果と実測値との比較

| 測定ポイント | B4 郷土文化保存伝習館 | | | | | |
|------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 受信チャンネル | | | | | | |
| 電界強度(実測値) dB μ V/m | 66.2 | 66.5 | 67.9 | 69.2 | 69.7 | 70.8 |
| 電界強度(シミュレーション値) dB μ V/m | 69 | 69 | 69 | 69 | 69 | 69 |
| 実測値との差異 dB | 2.8 | 2.5 | 1.1 | -0.2 | -0.7 | -1.8 |
| MER 総合 dB | 35.7 | 35.0 | 36.1 | 36.3 | 37.0 | 38.4 |
| MER B階層 dB | 35.0 | 34.3 | 35.5 | 35.6 | 36.2 | 37.7 |
| 実聴結果 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

測定を行った各地点の遅延及び周波数特性について、13~18chの中心となる15chのみを図3. 5. 1. 1に示す。なお、A1「天川の湯駐車場」のみ、破綻している14chとした。

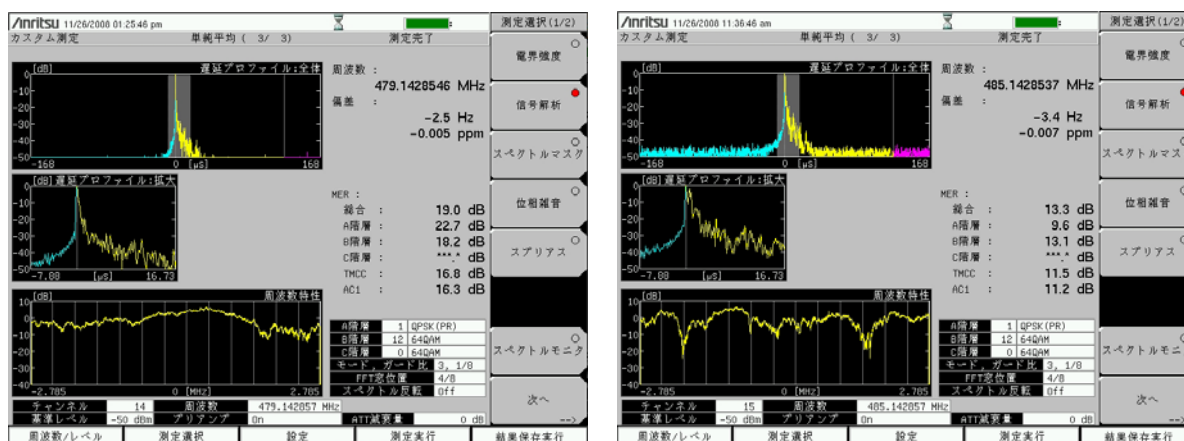


図3. 5. 1. 1(A) A1 天川の湯駐車場

図3. 5. 1. 1(B) A2 金具屋駐車場

図3. 5. 1. 1(1/2) 各測定ポイントにおける遅延及び周波数特性

第3章 地形難視対策用ギャップフィルアー設置による二次的な障害の対応策

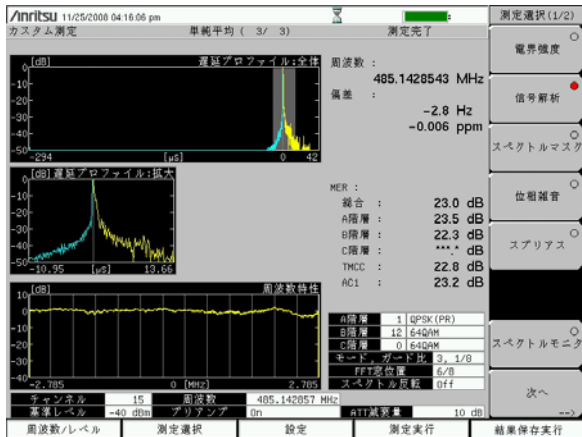


図3. 5. 1. 1(C) A3 民家前駐車場

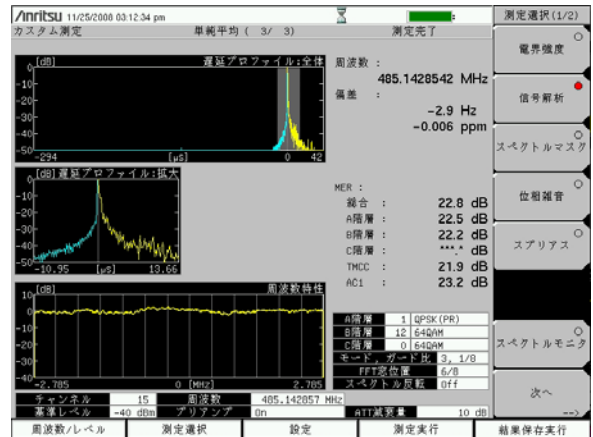


図3. 5. 1. 1(D) A4 エリア最遠部

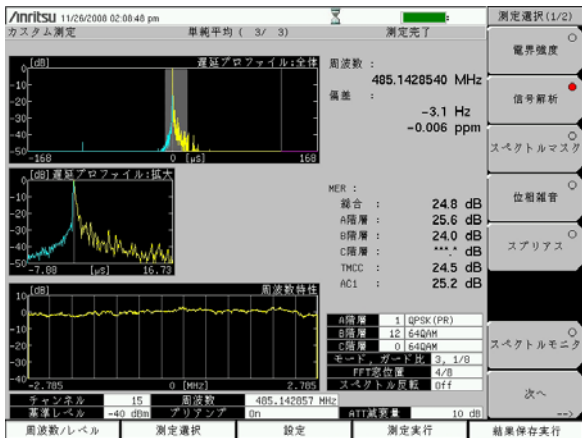


図3. 5. 1. 1(F) B2 天川橋駐車場



図3. 5. 1. 1(G) B3 天川神社東

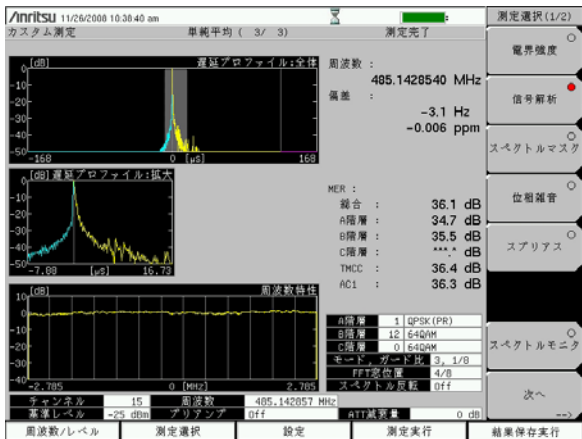


図3. 5. 1. 1(H) B4 郷土文化保存伝習館

図3. 5. 1. 1(2/2) 各測定ポイントにおける遅延及び周波数特性

山ノ内局の受信状況について、測定ポイントA1～A4につてポイント及びチャンネル別に特徴をまとめると次のとおりになる。(測定ポイントB2～B4は後述する。)

測定ポイントA1「天川の湯駐車場」では、電界強度はチャンネルによる偏差が大きく実聴結果も様々である。MERは概ね15～20dBにあり、受信可否のボーダーライン上にある。エリア内で最も状態が不安定な場所と言える。

測定ポイントA2「金具屋駐車場」は、全てのチャンネルで電界が低く受信も不可であった。山ノ内局方向の直近に急崖があり、最も遮蔽された場所のひとつである。MERのチャンネル間の値が大きく異なるのは、受信状況が悪く測定値が不安定なためと考えられる。

測定ポイントA3「民家前駐車場」は、エリアの最奥に近いが、遮蔽となっている急崖からは距離があるのに加え、角度的に谷間の開口部から電波が抜けてくるようで、実聴結果は全てのチャンネルが受信可能であり、電界強度のチャンネルによる偏差も少ない。MERは測定ポイントA4より電界強度が低いにも関わらず13、14chでは逆転している。

測定ポイントA4「エリア最遠部」は、ハッチエリア内で最も受信電界が高く実聴も全てのチャンネルで問題なかった。山ノ内局が見通しとなる崖上よりは一段低いものの、エリア内では最も高所に位置しているためと考えられる。ただし、前述したように測定ポイントA3とは13、14chで電界強度に対してMERの逆転が生じる。

以上からハッチエリアの各測定ポイントにおける山ノ内局受信状況は、全く受信不可となる地点：A2、状況により受信可能となるが不安定な地点：A1、マージンは少ないが概ねは受信可能な地点：A3及びA4となる。

図3.5.1.2及び図3.5.1.3に電界強度及びMERと受信状況をグラフ化したものを示す。

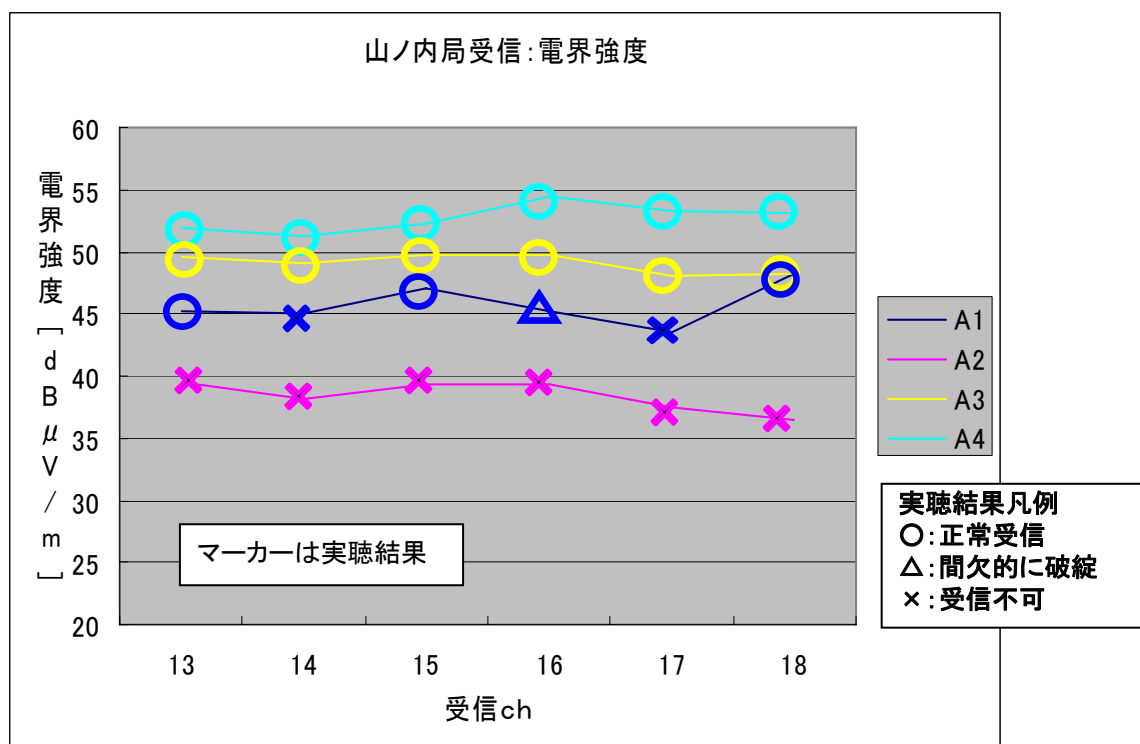


図3.5.1.2 電界強度の傾向と実聴結果

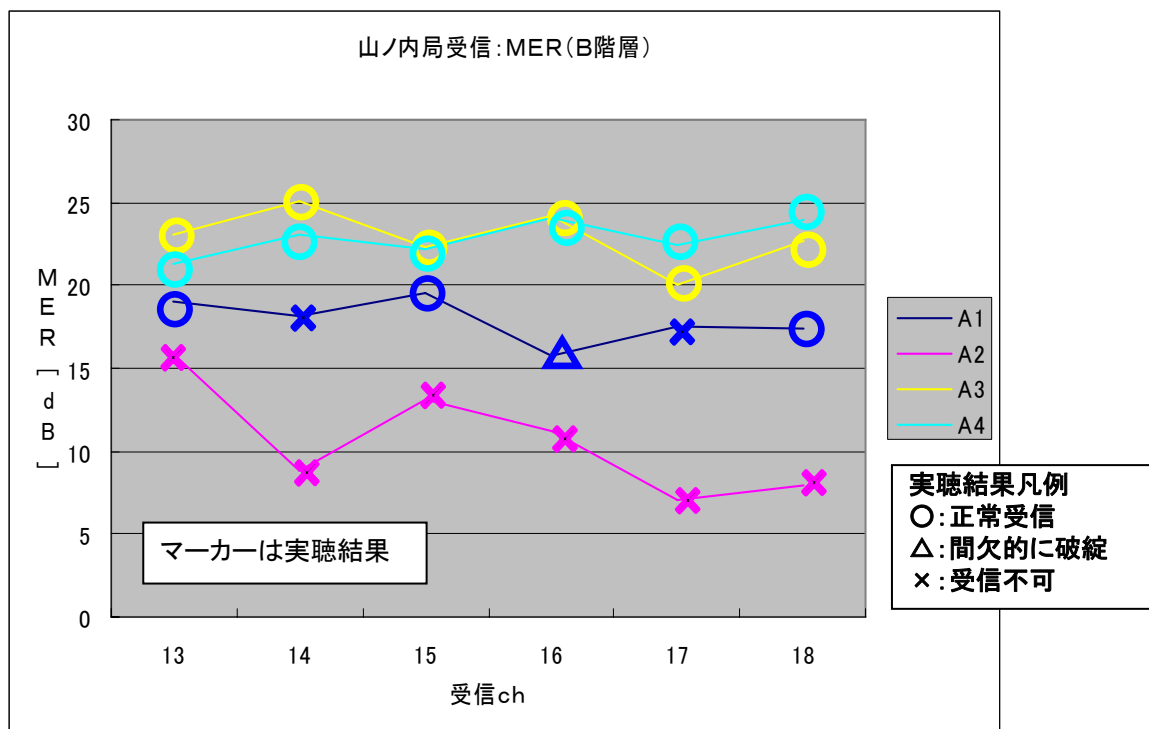


図3. 5. 1. 3 MER(B階層)の傾向と実聴結果

3. 6 ギャップフィラー波の電界強度の測定

第1及び第2ギャップフィラーによるサービスエリアを確認するために、19及び25chを使用して、MFNによりハッチエリア内の各測定ポイントにおいて測定を行った。測定結果を表3. 6. 1及び3. 6. 2に示す。結果はいずれも良好で、MER、実聴全て問題なく受信可能となった。第2ギャップフィラーの測定ポイントA3、A4はいずれも電界強度が60dB μ V/mを少し越えた程度だが、シミュレーションにおいてもエリア内で最も電界が低いという結果が確認されており、他のポイントを含めてほぼシミュレーションとおりの結果となり、第1及び第2ギャップフィラーともに必要とするエリアが確保されることを確認した。

表3. 6. 1 第1ギャップフィラーの測定結果

| 測定ポイント | A1 | A2 | A3 | A4 | 最大値 | 最小値 | 平均値 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 電界強度[dB μ V/m] | 73.9 | 65.9 | 73.5 | 64.6 | 73.9 | 64.6 | 69.48 |
| 〃 (シミュレーション値) | 73 | 67 | 75 | 67 | 75 | 67 | 70.50 |
| 差(シミュレーション値－実測値) | - 0.9 | + 1.1 | + 1.5 | + 2.4 | + 2.4 | - 0.9 | + 1.03 |
| MER(B階層)[dB] | 29.8 | 29.7 | 31.7 | 30.9 | 31.7 | 29.7 | 30.53 |
| 実聴 | ○ | ○ | ○ | ○ | — | — | — |

送信出力:2.5mW(ERP:3.8mW)、送信偏波:垂直
 受信方向:GF局、受信アンテナ:20素子八木、受信偏波:垂直、測定高:10m
 各測定値はMFN受信(19, 25ch)の平均値

表3. 6. 1 第2ギャップファイラーの測定結果

| 測定ポイント | A1 | A2 | A3 | A4 | 最大値 | 最小値 | 平均値 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 電界強度[dB μ V/m] | 66.7 | 69.8 | 61.5 | 60.6 | 69.8 | 60.6 | 64.65 |
| 〃 (シミュレーション値) | 65 | 73 | 61 | 63 | 73 | 61 | 65.50 |
| 差(シミュレーション値－実測値) | - 1.7 | + 3.2 | - 0.5 | + 2.4 | + 3.2 | - 0.5 | + 0.85 |
| MER(B 階層)[dB] | 31.9 | 31.9 | 31.6 | 30.6 | 31.9 | 30.6 | 31.50 |
| 実聴 | ○ | ○ | ○ | ○ | — | — | — |

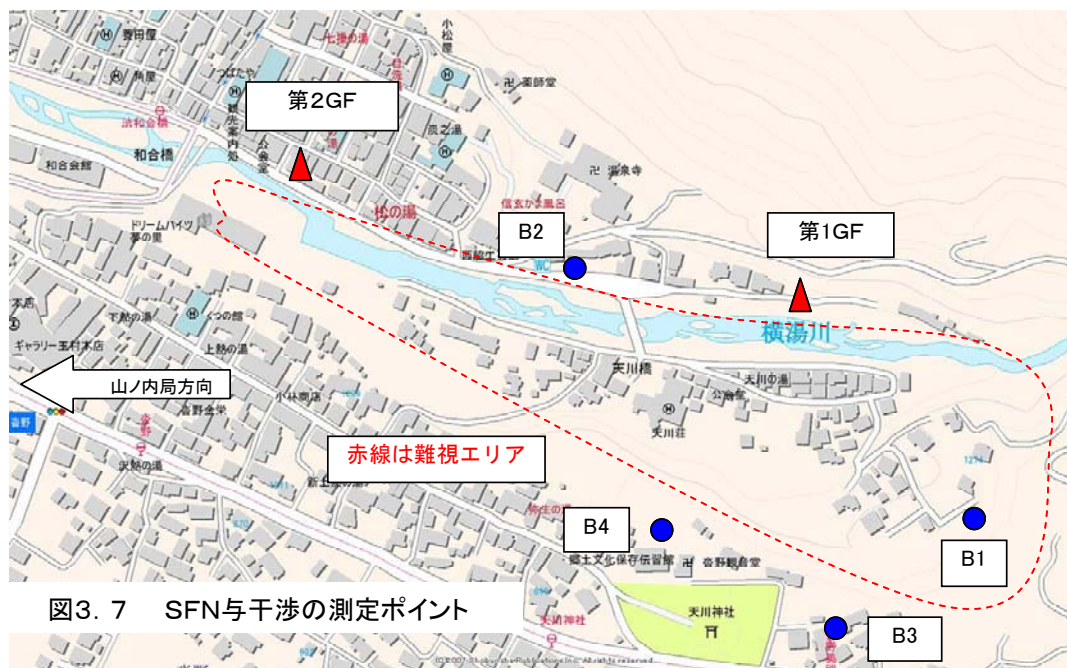
送信出力:2mW(ERP:11.5mW)、送信偏波:垂直
 受信方向:GF局、受信アンテナ:20素子八木、受信偏波:垂直、測定高:10m
 各測定値はMFN受信(19, 25ch)の平均値

全チャンネルの電界強度の平均は、第1ギャップファイラーについては69.5dB μ V/m、第2ギャップファイラーについては64.7dB μ V/mと約5dBの差が生じている。当然のことであるが、8素子リングアンテナ2面を組み合わせた第1ギャップファイラーの方が電界強度にばらつきが少なく、比較的の高い電界強度でサービスエリアが確保できる。SFNの場合のギャップファイラーのサービスエリアについては後述する。

3. 7 SFN与干渉障害の測定

§ 3. 3. 2でSFN与干渉についてシミュレーションを行った結果、ギャップファイラーからの飛び出しによるSFN与干渉が発生する可能性があったことから、山ノ内局の電界強度及びMFNギャップファイラー波による飛び出し波の電界強度の測定をそれぞれ行い、SFN与干渉が発生しないようにギャップファイラーの出力を減力して、SFN与干渉の測定を行った。

なお、測定を行ったポイントを図3. 7に示す。



測定ポイントは、B1「エリア最遠部」、B2「天川橋駐車場」、B3「天川神社東側」及びB4「郷土文化保存伝習館」の4カ所とした。

3.7.1 山ノ内局の電界強度

§3.5.1で測定した結果を電界強度の傾向を図3.7.1.1に、B階層のMERの傾向を図3.7.1.2にグラフとして示す。

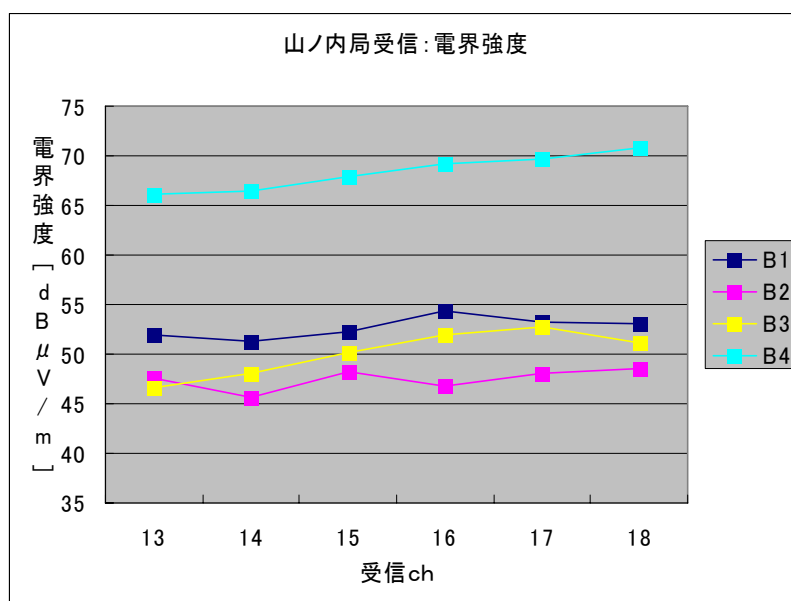


図3.7.1.1 飛び出しエリアの山ノ内局の電界強度の傾向

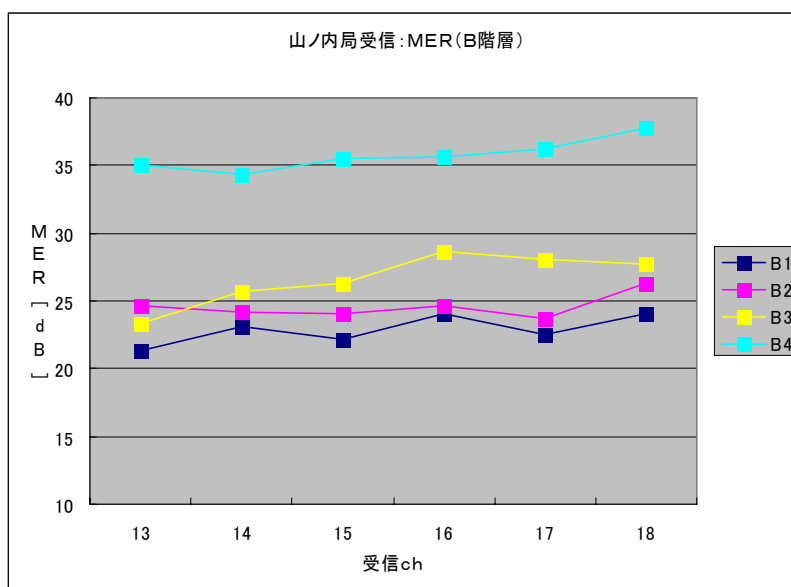


図3.7.1.2 飛び出しエリアの山ノ内局のMER(B階層)の傾向

ポイント別、チャンネル別の特徴は次のとおりである。

測定ポイントB1「エリア最遠部」は、電界強度は4ポイントの中で2番目に高いが、MERは

最も悪い。ハッチエリア内のフリンジであり、A4ポイントを兼ねているように難視エリアである谷間に向いており、さらに緩やかな斜面の途中にあること、山ノ内局方向に樹木があること、対面にある山の反射の影響が考えられることなど、不安定要素が多いポイントである。

測定ポイントB2「天川橋駐車場」は、ほとんど難視エリアと言って良いほどの位置にあるが、山ノ内局波がぎりぎりである微妙な場所である。また、山ノ内局方向及び第2ギャップファイラー方向にある建造物が障害となっている。

測定ポイントB3「天川神社東側」については、崖上の地域は基本的に山ノ内局が見通しである場所が多いが、ここは天川神社裏手の林が微妙に障害となっていることから電界が低い。測定ポイントB4「郷土文化保存伝習館」は、電界強度が約70dB μ V/m程度、MERが30dB以上と完全に山ノ内局が見通しとなる地点である。

以上から各測定ポイントにおける山ノ内局の受信状況は、見通しで全く問題なく受信可能なポイントは、測定ポイントB4であり、マージンが少ないが概ねは受信可能が可能なポイントは、測定ポイントB1、B2及びB3である。

3. 7. 2 MFNギャップファイラーによる飛び出し状況の測定

MFNギャップファイラーを使用して、B1～B4の測定ポイントにおける飛び出し状況を測定した。

3. 7. 2. 1 第1ギャップファイラーの飛び出し状況の測定

第1ギャップファイラーの飛び出し状況の測定結果を表3. 7. 2. 1に示す。

測定ポイントB1及びB2は、ほぼエリア内と同等と言って良く、ギャップファイラーに受信アンテナを向ければギャップファイラーを問題なく受信できるレベル(すなわち飛び出す。)であることが確認された。測定ポイントB3及びB4は受信可能ではあるが、電界はやや低く、崖上への飛び出しはある程度抑えられていると言える。なお、B3及びB4の電界強度は実測値とシミュレーションとの差が開いている。これは、実験局から見て送信アンテナの合成指向性パターンの中間方向にあること及びB3地点では、シミュレーション値がわずかな位置のずれによる変動が大きい、複雑な地形であることが原因と考えられる。

表3. 7. 2. 1 第1ギャップファイラーの測定結果

| 測定ポイント | B1 | B2 | B3 | B4 | 最大値 | 最小値 | 平均値 |
|--------------------|------|------|-------|------|-------|------|-------|
| 電界強度[dB μ V/m] | 64.6 | 64.9 | 48.8 | 50.8 | 64.9 | 48.8 | 57.28 |
| 〃 (シミュレーション値) | 67 | 65 | 59 | 43 | 67 | 43 | 58.50 |
| 差(シミュレーション値－実測値) | +2.4 | +0.1 | +10.2 | -7.8 | +10.2 | -7.8 | +1.23 |
| MER(B 階層)[dB] | 30.9 | 29.4 | 25.4 | 25.9 | 30.9 | 25.4 | 27.90 |
| 実聴 | ○ | ○ | ○ | ○ | — | — | — |

送信出力:2.5mW(ERP:3.8mW)、送信偏波:垂直
 受信方向:GF局、受信アンテナ:20素子八木、受信偏波:垂直、測定高:10m
 各測定値はMFN受信(19, 25ch)の平均値

3.7.2.2 第2ギャップファイラーの飛び出し状況の測定

第2ギャップファイラーの飛び出し状況の測定結果を表3.7.2.2に示す。

測定ポイントB1、B2及びB4は、第2ギャップファイラーから目立った障害物が無く、方向的にもエリアに近いので、ギャップファイラー波が十分受信可能(すなわち飛び出す)である。測定ポイントB3のみ、若干電界が低い、これは天川神社の林が障害になっているものと考えられる。電界強度の実測値とシミュレーション値は比較的に近い値となった。

表3.7.2.2 第2ギャップファイラーの測定結果

| 測定ポイント | B1 | B2 | B3 | B4 | 最大値 | 最小値 | 平均値 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 電界強度[dB μ V/m] | 60.6 | 65.0 | 49.9 | 62.4 | 65.0 | 49.9 | 59.48 |
| 〃 (シミュレーション値) | 63 | 63 | 53 | 67 | 67 | 53 | 61.50 |
| 差(シミュレーション値－実測値) | +2.4 | -2.0 | +3.1 | +4.6 | +4.6 | -2.0 | +2.03 |
| MER(B 階層)[dB] | 30.6 | 31.7 | 26.2 | 31.2 | 31.7 | 26.2 | 29.93 |
| 実聴 | ○ | ○ | ○ | ○ | — | — | — |

送信出力:2mW(ERP:11.5mW)、送信偏波:垂直
 受信方向:GF局、受信アンテナ:20素子八木、受信偏波:垂直、測定高:10m
 各測定値はMFN受信(19, 25ch)の平均値

3.7.3 SFNギャップファイラーによる与干渉の実地試験

山ノ内局を受信している状態でSFNギャップファイラー波の有無によって電界強度やMERの測定値にどの程度の差異がみられたかを検証した。

なお、測定ポイントB3には、地上デジタル放送を受信している世帯があったことから、念のため、第1ギャップファイラーについては送信出力を4dB低減し、送信出力:1mW (ERP : 1.52mW)、送信偏波:垂直で電波を発射した。また、第2ギャップファイラーについても送信出力を3dB低減し、送信出力:1mW (ERP : 5.75mW)、送信偏波:垂直で電波を発射した。

受信条件は、受信方向:山ノ内局、受信偏波:水平、受信高10mで受信した。

なお、測定ポイントによっては、より影響の少ない実験局での測定を省略した。

この実地試験の実施に際しては、B3ポイント付近の地上デジタル放送を受信している世帯に出向き、ギャップファイラーから短時間、電波を発射して、全てのチャンネルで障害が発生しないことを確認にした上で実施したことを念のため申し添える。

3.7.3.1 B1「エリア最遠部」の測定結果

測定ポイントB1については、第2ギャップファイラーのみ測定を行った。

電界強度及びMERの測定結果を表3.7.3.1に示す。電界強度はほとんど差異がない。MERは13chの2.1dB劣化が最も大きな差である。実聴については、ギャップファイラー発射及び停止のいずれの場合でも全チャンネルで問題は生じなかった。

表3.7.3.1 B1ポイントにおける電界強度及びMERの測定結果

| 第2GFの送信の有無/ch | 電界強度 [dB μ V/m] | | | | | |
|----------------|---------------------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| ギャップファイラー停止 | 49.9 | 50.4 | 49.1 | 52.7 | 52.2 | 52.4 |
| ギャップファイラー発射 | 49.8 | 49.9 | 49.3 | 52.6 | 52.0 | 52.1 |
| 差異(停止-発射) [dB] | 0.1 | 0.5 | -0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.3 |
| D/U [dB] | 17.2 | 16.9 | 14.4 | 17.3 | 16.3 | 14.3 |

| 第2GFの送信の有無/ch | MER (B階層) [dB] | | | | | |
|----------------|----------------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| ギャップファイラー停止 | 20.1 | 21.9 | 19.6 | 22.6 | 22.0 | 22.4 |
| ギャップファイラー発射 | 18.0 | 21.8 | 19.9 | 22.1 | 21.7 | 22.2 |
| 差異(停止-発射) [dB] | 2.1 | 0.1 | -0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |

最もMERに差が生じた13chについて、遅延プロファイル及び周波数特性を図3.7.3.1に示す。

D/Uはギャップファイラーの出力低減分を加味しても14.2dB確保されており、顕著な劣化は見当たらない。

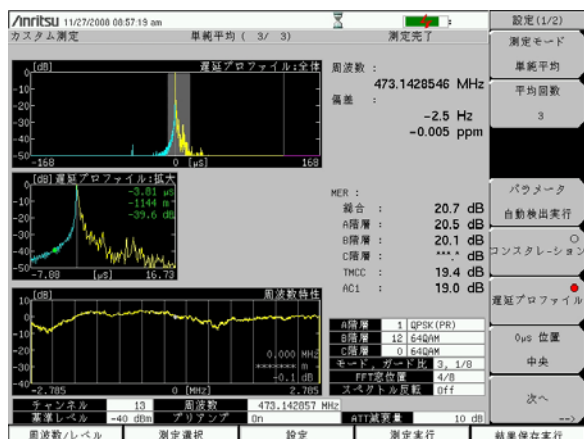


図3.7.3.1(A) 第2GF停止

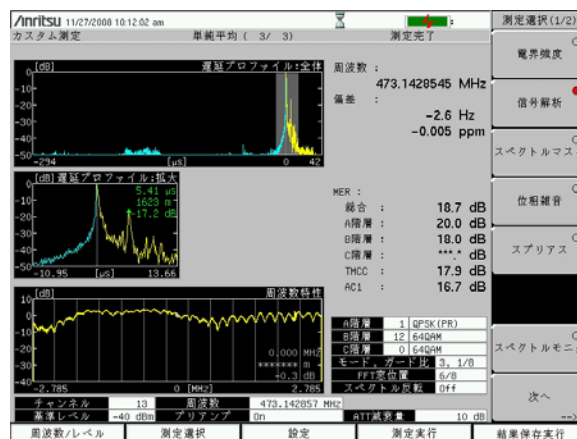


図3.7.3.1(B) 第2GF発射

図3.7.3.1 B1ポイントにおける遅延プロファイル及び周波数特性

3. 7. 3. 2 B2「天川橋駐車場」の測定結果

測定ポイントB2については、第2ギャップファイラーのみ測定を行った。

電界強度及びMERの測定結果を表3. 7. 3. 2に示す。電界強度には、ほとんど差異がない。MERは他の測定ポイントよりも劣化が大きく、14chでは5. 1dB劣化している。実聴については、ギャップファイラー発射及び停止のいずれの場合でも全チャンネルで問題は生じなかった。

表3. 7. 3. 2 B2ポイントにおける電界強度及びMERの測定結果

| 第2GFの送信の有無/ch | 電界強度 [dB μ V/m] | | | | | |
|----------------|---------------------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| ギャップファイラー停止 | 47.8 | 46.6 | 48.4 | 48.0 | 48.6 | 48.2 |
| ギャップファイラー発射 | 48.7 | 46.9 | 49.7 | 48.8 | 49.6 | 48.2 |
| 差異(停止-発射) [dB] | -0.9 | -0.3 | -1.3 | -0.8 | -1.0 | 0.0 |
| D/U [dB] | 6.3 | 6.9 | 7.5 | 6.2 | 4.7 | 8.6 |

| 第2GFの送信の有無/ch | MER (B階層) [dB] | | | | | |
|----------------|----------------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| ギャップファイラー停止 | 24.7 | 24.3 | 23.9 | 25.4 | 24.2 | 25.8 |
| ギャップファイラー発射 | 23.7 | 19.2 | 21.8 | 23.8 | 21.2 | 24.9 |
| 差異(停止-発射) [dB] | 1.0 | 5.1 | 2.1 | 1.6 | 3.0 | 0.9 |

最もMERに差が生じた14chの遅延プロファイルと周波数特性を図3. 7. 3. 2に示す

D/Uはギャップファイラーの出力低減分を加味すると3. 9dBになり、山ノ内局の電波と拮抗してくる。また、周波数特性に規則的なディップが目立つが、これは、山ノ内局電界が低いことと、第2ギャップファイラーからの距離が約170mと近く、電波が強いことがあげられる。



図3. 7. 3. 2(A) 第2GF停止

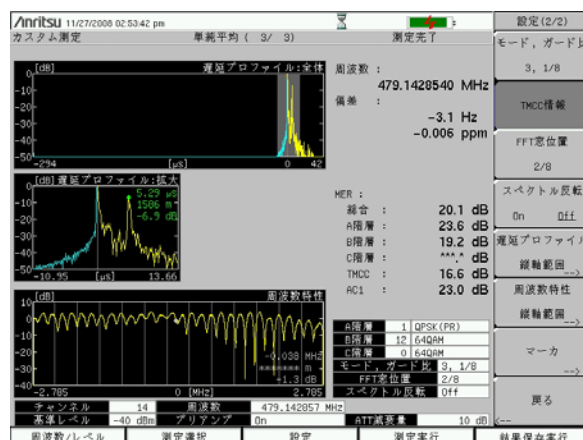


図3. 7. 3. 2(B) 第2GF発射

図3. 7. 3. 2 B2ポイントにおける遅延プロファイル及び周波数特性

3.7.3.3 B3「天川神社東側」の測定結果(1/2)

測定ポイントB3については、第1及び第2ギャップファイラーの測定を行った。ここでは、第1ギャップファイラーの測定結果を示す。

電界強度及びMERの測定結果を表3.7.3.3に示す。電界強度はほとんど差異がない。MERは18chの0.71dBの劣化が最も大きな差である。実聴については、ギャップファイラー発射及び停止のいずれの場合でも全チャンネルで問題は生じなかった。

表3.7.3.3 B3ポイントにおける電界強度及びMERの測定結果

| 第1GFの送信の有無/ch | 電界強度 [dB μ V/m] | | | | | |
|----------------|---------------------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| ギャップファイラー停止 | 46.6 | 48.0 | 50.2 | 51.9 | 52.7 | 51.1 |
| ギャップファイラー発射 | 47.0 | 48.0 | 50.2 | 52.1 | 52.9 | 50.7 |
| 差異(停止-発射) [dB] | -0.4 | 0.0 | 0.0 | -0.2 | -0.2 | 0.4 |
| D/U [dB] | 21.6 | 21.7 | 26.5 | 27.3 | 26.2 | 23.5 |

| 第1GFの送信の有無/ch | MER (B階層) [dB] | | | | | |
|----------------|----------------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| ギャップファイラー停止 | 22.4 | 25.7 | 26.3 | 28.7 | 28.1 | 27.7 |
| ギャップファイラー発射 | 22.0 | 25.4 | 26.1 | 28.6 | 28.4 | 27.0 |
| 差異(停止-発射) [dB] | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | -0.3 | 0.7 |

最もD/Uが小さい13chについて遅延プロファイルと周波数特性を図3.7.3.3に示す。D/Uはギャップファイラーの出力低減分を加味しても17.6dB確保されており、劣化は見当たらない。

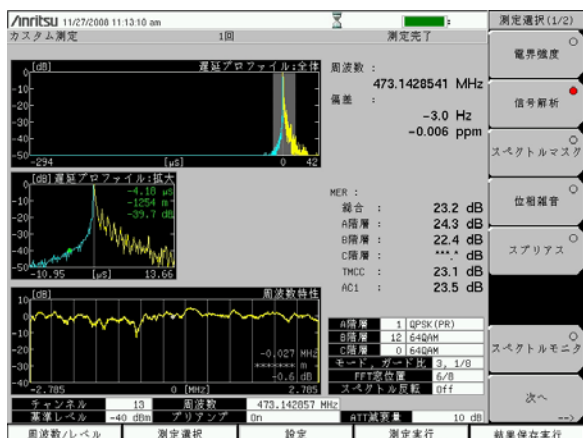


図3.7.3.3(A) 第1GF停止

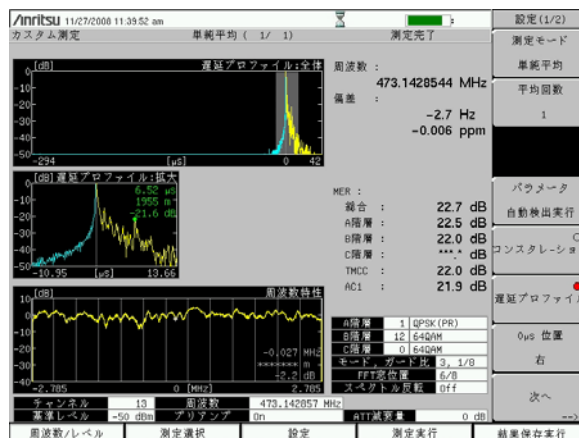


図3.7.3.3(B) 第1GF発射

図3.7.3.3 B3ポイントにおける遅延プロファイル及び周波数特性

3. 7. 3. 4 B3「天川神社東側」の測定結果(2/2)

測定ポイントB3については、第1及び第2ギャップファイラーの測定を行った。ここでは、第2ギャップファイラーの測定結果を示す。

電界強度及びMERの測定結果を表3. 7. 3. 4に示す。電界強度はほとんど差異がない。MERは、第1ギャップファイラーと異なり、15chの1. 0dBの劣化が最も大きな差である。実聴については、ギャップファイラー発射及び停止のいずれの場合でも全チャンネルで問題は生じなかった。

表3. 7. 3. 4 B3ポイントにおける電界強度及びMERの測定結果

| 第2GFの送信の有無/ch | 電界強度 [dB μ V/m] | | | | | |
|----------------|---------------------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| ギャップファイラー停止 | 46.6 | 48.0 | 50.2 | 51.9 | 52.7 | 51.1 |
| ギャップファイラー発射 | 46.0 | 47.2 | 49.9 | 51.5 | 52.4 | 51.0 |
| 差異(停止-発射) [dB] | 0.6 | 0.8 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.1 |
| D/U [dB] | 18.2 | 17.1 | 18.9 | 19.8 | 32.1 | 28.6 |

| 第2GFの送信の有無/ch | MER (B階層) [dB] | | | | | |
|----------------|----------------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| ギャップファイラー停止 | 22.4 | 25.7 | 26.3 | 28.7 | 28.1 | 27.7 |
| ギャップファイラー発射 | 22.0 | 24.8 | 25.3 | 28.1 | 27.7 | 27.4 |
| 差異(停止-発射) [dB] | 0.4 | 0.9 | 1.0 | 0.6 | 0.4 | 0.3 |

最もMERに差が生じた15chの遅延プロファイルと周波数特性について図3. 7. 3. 4に示す。D/Uはギャップファイラーの出力低減分を加味しても15. 9dB確保されている。第1ギャップファイラーよりは2dBほど小さいが、劣化は見当たらない。



図3. 7. 3. 4(A) 第2GF停止



図3. 7. 3. 4(B) 第2GF発射

図3. 7. 3. 4 B3ポイントにおける遅延プロファイル及び周波数特性

3. 7. 3. 5 B4「郷土文化保存伝習館」の測定結果(1/2)

測定ポイントB4については、第1及び第2ギャップファイラーの測定を行った。ここでは、第1ギャップファイラーの測定結果を示す。

電界強度及びMERの測定結果を表3. 7. 3. 5に示す。電界強度は差異がない。MERも山ノ内局が見通しとなるため問題ない。実聴についても、ギャップファイラー発射及び停止のいずれの場合でも全チャンネルで問題は生じなかった。

表3. 7. 3. 5 B4ポイントにおける電界強度及びMERの測定結果

| 第1GFの送信の有無/ch | 電界強度 [dB μ V/m] | | | | | |
|----------------|---------------------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| ギャップファイラー停止 | 65.9 | 67.0 | 68.1 | 69.3 | 69.0 | 69.9 |
| ギャップファイラー発射 | 66.1 | 67.2 | 68.2 | 69.3 | 69.2 | 69.9 |
| 差異(停止-発射) [dB] | -0.2 | -0.2 | -0.1 | 0.0 | -0.2 | 0.0 |
| D/U [dB] | 検出不能 | 34.7 | 33.9 | 35.8 | 40.8 | 36.8 |

| 第1GFの送信の有無/ch | MER (B階層) [dB] | | | | | |
|----------------|----------------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| ギャップファイラー停止 | 33.3 | 33.9 | 34.0 | 34.6 | 34.0 | 36.0 |
| ギャップファイラー発射 | 33.5 | 33.9 | 34.4 | 34.6 | 34.1 | 36.0 |
| 差異(停止-発射) [dB] | -0.2 | 0.0 | -0.4 | 0.0 | -0.1 | 0.0 |

代表として16chの遅延プロファイルと周波数特性を図3. 7. 3. 5に示す。

D/Uはギャップファイラーの出力低減分を加味しても30dB以上確保されており、全く問題は生じない。

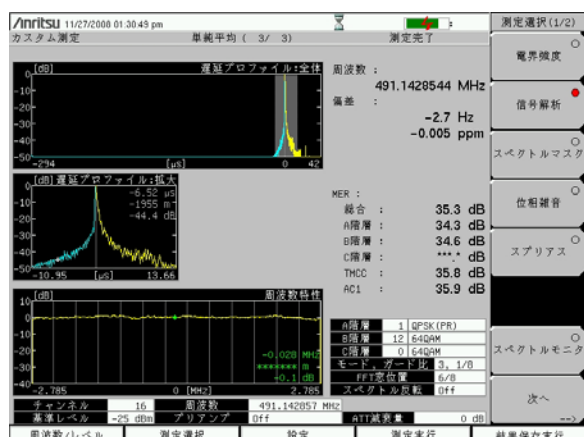


図3. 7. 3. 5(A) 第1GF停止

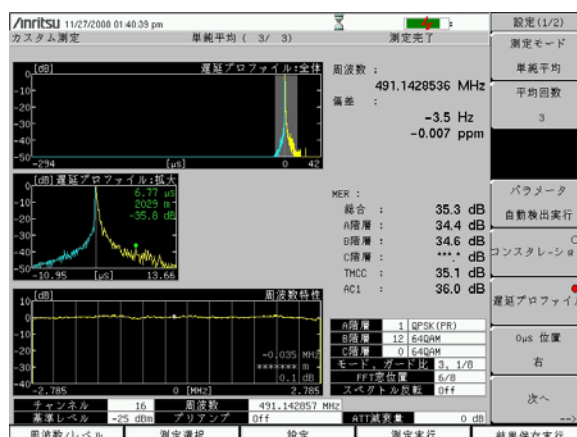


図3. 7. 3. 5(B) 第1GF発射

図3. 7. 3. 5 B4ポイントにおける遅延プロファイル及び周波数特性

3. 7. 3. 6 B4「郷土文化保存伝習館」の測定結果(2/2)

測定ポイントB4については、第1及び第2ギャップファイラーの測定を行った。ここでは、第2ギャップファイラーの測定結果を示す。

電界強度及びMERの測定結果を表3. 7. 3. 6に示す。電界強度は差異がない。MERも山ノ内局が見通しとなるため問題ない。実聴については、ギャップファイラー発射及び停止のいずれの場合でも全チャンネルで問題は生じなかった。

表3. 7. 3. 6 B4ポイントにおける電界強度及びMERの測定結果

| 第2GFの送信の有無/ch | 電界強度 [dB μ V/m] | | | | | |
|----------------|---------------------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| ギャップファイラー停止 | 65.9 | 67.0 | 68.1 | 69.3 | 69.0 | 69.9 |
| ギャップファイラー発射 | 66.1 | 67.2 | 68.0 | 69.1 | 69.1 | 70.1 |
| 差異(停止-発射) [dB] | -0.2 | -0.2 | 0.1 | 0.2 | -0.1 | -0.2 |
| D/U [dB] | 26.3 | 26.1 | 23.8 | 22.9 | 27.7 | 30.7 |

| 第2GFの送信の有無/ch | MER (B階層) [dB] | | | | | |
|----------------|----------------|------|------|------|------|------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| ギャップファイラー停止 | 33.3 | 33.9 | 34.0 | 34.6 | 34.0 | 36.0 |
| ギャップファイラー発射 | 33.5 | 33.7 | 34.1 | 34.7 | 33.9 | 35.7 |
| 差異(停止-発射) [dB] | -0.2 | 0.2 | -0.1 | -0.1 | 0.1 | 0.3 |

代表として15chの遅延プロファイルと周波数特性を図3. 7. 3. 6に示す。

D/Uは第1ギャップファイラーよりは小さくなっているが、GFの出力低減分を加味しても20 dB以上確保されており、全く問題は生じない。

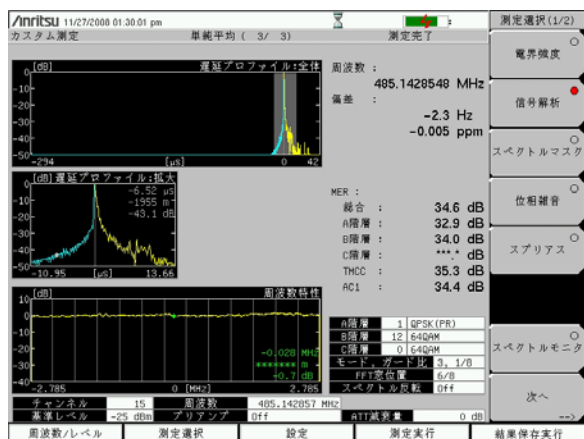


図3. 7. 3. 6(A) 第2GF停止

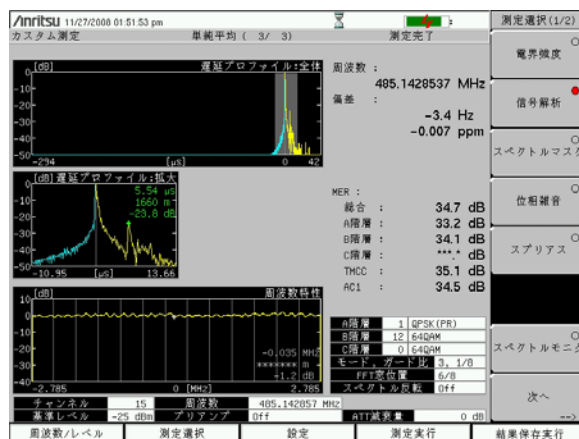


図3. 7. 3. 6(B) 第2GF発射

図3. 7. 3. 6 B4ポイントにおける遅延プロファイル及び周波数特性

3.7.4 ギャップファイラー間の干渉実地試験

山間部などにおける地形難視エリア等において、1つのギャップファイラーでは難視エリア全てをカバーすることが出来ない場合、複数のギャップファイラーを用いて難視エリアをサービスする構成が考えられる。この様に複数のギャップファイラーで送信を行った際に、2つのギャップファイラーのサービスエリアが重複する地点における影響について実地試験を行った。

測定点は第1ギャップファイラーと第2ギャップファイラーの間に位置する測定ポイントA1「天川の湯駐車場」にて実施した。測定チャンネルは13~18chの中間にあたる15chを使用した。なお、2つのギャップファイラーは共に垂直偏波で送信した。

第1及び第2ギャップファイラーともに電波を発射している状態で、受信アンテナを第1ギャップファイラーに向けた場合の遅延プロファイル及び周波数特性を図3.7.4.1に、同じく第2ギャップファイラーに向けた場合を図3.7.4.2に示す。

図3.7.4.1 ギャップファイラー同時送信時の遅延プロファイル及び周波数特性

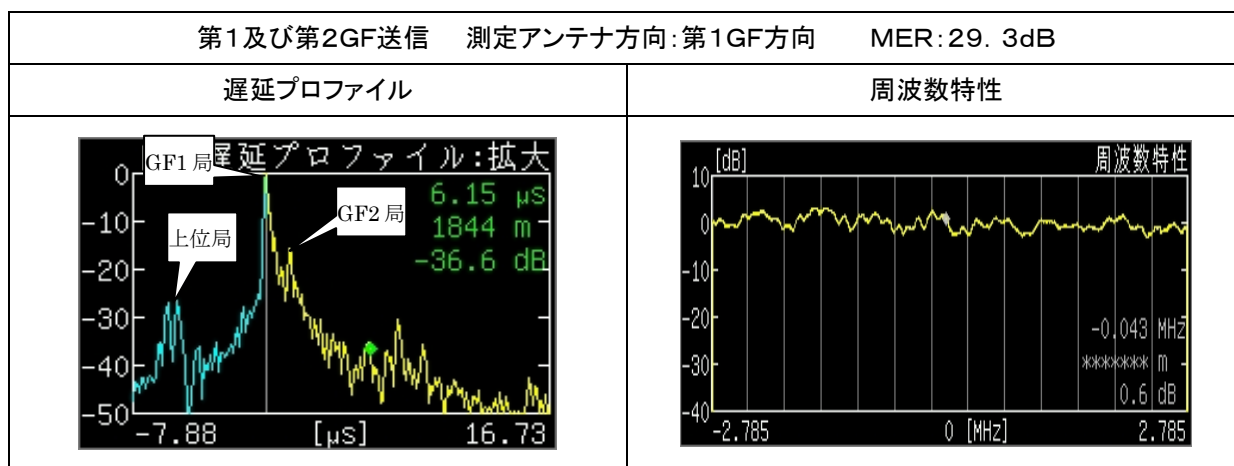
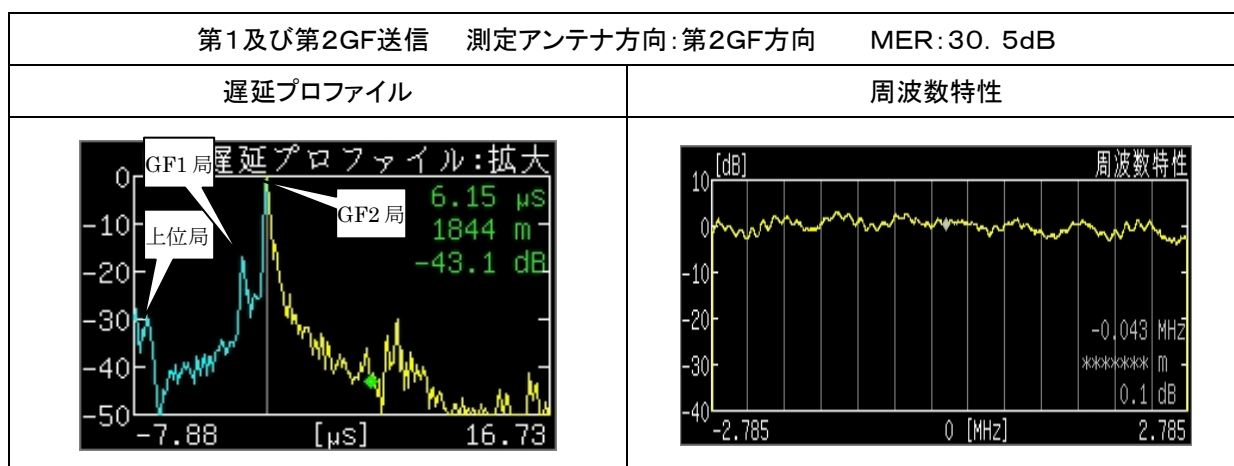


図3.7.4.2 ギャップファイラー同時送信時の遅延プロファイル及び周波数特性

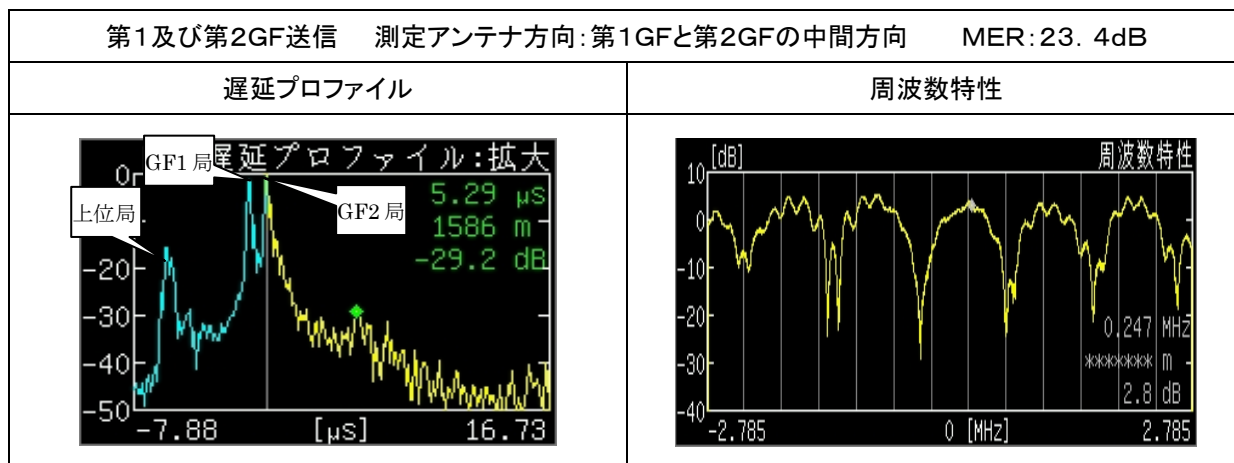


それぞれのギャップファイラーに受信アンテナを向けている場合は、もう一方のギャップファイラーから送信していてもMERの劣化はほとんど見られなかったが、遅延プロファイルには他方のギャップファイラーからの電波がD/U=15dB程度で観測され、これにより周波数特性に

若干のうねりが見られる。

受信アンテナを第1ギャップファイラーと第2ギャップファイラーの中間方向へ向けた場合の遅延プロファイル及び周波数特性を図3.7.4.3に示す。

図3.7.4.3 ギャップファイラー同時送信時の遅延プロファイル及び周波数特性



受信アンテナを2つのギャップファイラーの中間方向に向けた場合は、2つの送信波の電界強度ほぼ同じとなり、MERが6～7dB程度劣化した。また、周波数特性にも大きなうねりが生じた。

第1ギャップファイラーと第2ギャップファイラーは受信点から見て角度差が174.2度あり、受信に使用した八木アンテナのFB比を効果的に使用できる条件であったため、受信アンテナを片方のギャップファイラーに向ければ、他方から送信してもMERに劣化が生じない結果になったものと推測される。

一方、受信アンテナを第1ギャップファイラーと第2ギャップファイラーの中間に向けた場合は、2つの送信波の電界強度にほとんど差がなくなったため、MERが劣化し周波数特性も大きなうねりが生じる結果となった。

以上から、2つ以上のギャップファイラーを用いてサービスエリアを構築する際には、2つのサービスエリアが重複するエリアについては、受信アンテナの角度損失を効果的に使えるようにギャップファイラーの設置位置を考慮する必要があるものとする。

なお、今回の実地試験においては、受信波のC/Nが比較的良好であったため、受信アンテナを第1ギャップファイラーと第2ギャップファイラーの中間方向へ向けた場合も含めて、全ての条件で映像に劣化は生じず受信可能であった。

3.7.5 直交偏波効果に関する実地試験

これまでのギャップファイラーに関する実験報告等において、受信側で適切な偏波面を選択することによって、直交偏波による上位局とギャップファイラーとのD/Uを改善し、二次的な障害の発生を抑えることができると報告されている。今回の実地試験においても、上記の効果が得られるのか検証を行った。

実地試験は、第2ギャップファイラーより送信し、山ノ内局とギャップファイラーの受信電界が同じレベルとなる、D/U=0dBの状態を擬似的につくるため、測定を測定ポイントA4「エリア最遠部」で行った。なお、この地点での山ノ内局と第2ギャップファイラーとの角度差は23.4度であり、山ノ内局は水平偏波で電波を発射している。

3.7.5.1 ギャップファイラーを同一偏波で送信した場合

山ノ内局が水平偏波で電波を発射していることから、第2ギャップファイラーも水平偏波で送信し、受信アンテナを水平偏波で山ノ内局に向けて測定した。測定データを比較しやすくするため、山ノ内局と第2ギャップファイラーの電界強度がほぼ等しくなるように第2ギャップファイラーの送信出力を可変減衰器により調整した。なお、調整を行った第2ギャップファイラーの出力は、直交偏波効果の実地試験が終了するまで維持した。

上記の条件において測定した13chの遅延プロファイルを図3.7.5.1.1、周波数特性

を図3.7.5.1.2に示す。受信電界がほぼ同じ場合には、山ノ内局と第2ギャップファイラーの受信レベル差はアンテナの角度損失のみで生じるため、両局の方向に角度差があまり無い場合は同一の受信レベルで受信され、遅延プロファイルで測定されるD/Uは0dBに近い値となる。この時、周波数特性を見ると深いディップが見られる。このディップにあたるキャリアでは

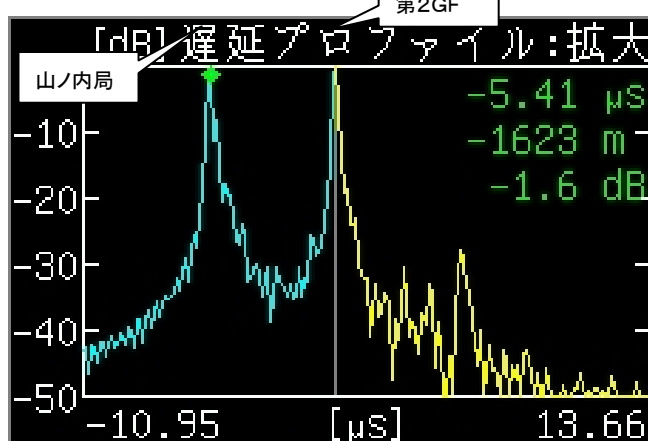


図3.7.5.1.1 13ch 遅延プロファイル

相対的に受信レベルが低下し、ビットエラーを生じる可能性が高く、全体の受信C/Nが映像破綻を起こす値になっていなくても映像に破綻を生じる可能性が高くなる。

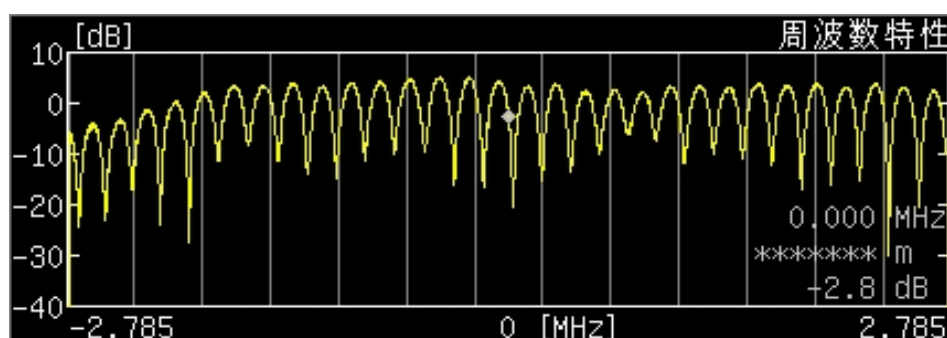


図3.7.5.1.2 13ch 周波数特性

3.7.5.2 ギャップファイラーを交差偏波で送信した場合(1/2)

第2ギャップファイラーを垂直偏波で送信し、受信アンテナを水平偏波で山ノ内局に向けて測定した。なお、第2ギャップファイラーの送信出力は前述のとおり、調整を行った出力とした。

§3.7.5.1との差から、二次的な障害エリアを想定した偏波面効果を確認した。

上記の条件において測定した13chの遅延プロファイルを図3.7.5.1.3に、周波数特性を図3.7.5.1.4に示す。

この場合、ギャップファイラーの受信レベルはアンテナの直交偏波効果により減衰するため、受信電界がほぼ同じくらいの場合でも、遅延プロファイルで測定されるD/Uは大きくなる。

この時、周波数特性を見ると深いディップが見られなくなり、ディップ部分の受信レベルの低下によって生じるビットエラー発生の可能性は低くなり、第2ギャップファイラーを山ノ内局と同一の

偏波面で送信した時に比べて、映像破綻を起こす可能性は低くなる。

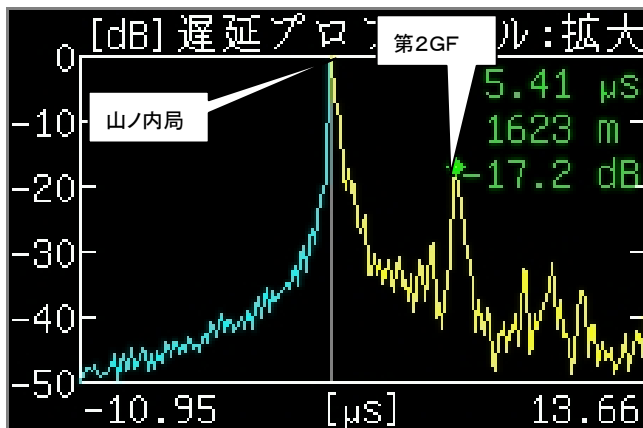


図3.7.5.2.1 13ch 遅延プロファイル

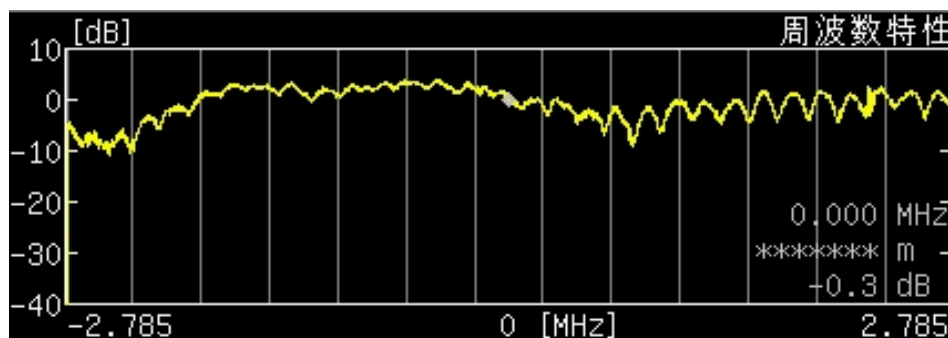


図3.7.5.2.2 13ch 周波数特性

3.7.5.3 ギャップファイラーを交差偏波で送信した場合(2/2)

第2ギャップファイラーを垂直偏波で送信し、受信アンテナを垂直偏波で第2ギャップファイラーに向けて測定した。なお、第2ギャップファイラーの送信出力は前述のとおり、調整を行った出力とした。

§3.7.5.2との差から、ギャップファイラー・エリア内を想定した偏波面効果を確認した。

上記の条件において測定した13ch

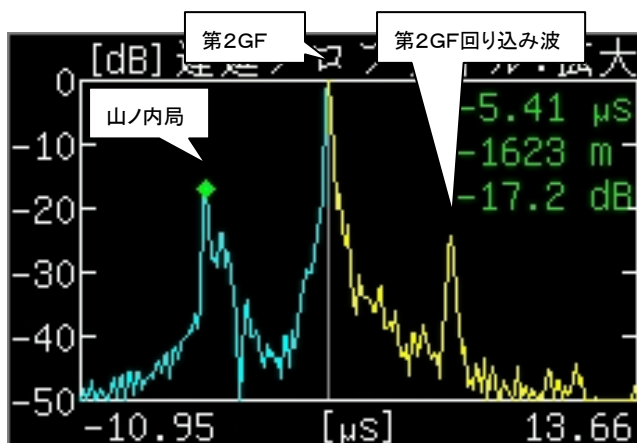


図3.7.5.3.1 13ch 遅延プロファイル

の遅延プロファイルを図3. 7. 5. 3. 1に、周波数特性を図3. 7. 5. 3. 2に示す

この場合、山ノ内局の受信レベルは受信アンテナの直交偏波効果により減衰するため、受信電界がほぼ同じくらいの場合でも、遅延プロファイルで測定されるD/Uは大きくなる。

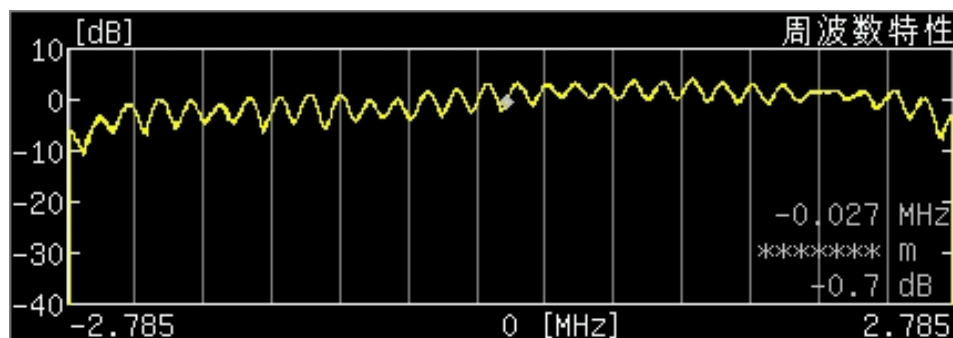


図3. 7. 5. 3. 2 13ch 周波数特性

この時の周波数特性を見ると

深いディップが見られなくなるので、第2ギャップファイラーを山ノ内局と同一の偏波面で送信した時に比べて、映像破綻を起こす可能性は低くなる。

3. 7. 5. 4 直交偏波面効果の算出

前述の3種類の直交偏波の実地試験で得られた全てのチャンネルの測定結果から直交偏波面効果を算出した。山ノ内局受信時の結果を表3. 7. 5. 4. 1に、第2ギャップファイラー受信時の結果を表3. 7. 5. 4. 2に示す。

過去の実験報告から直交偏波面効果については、ITU-R勧告では360度全方向で16dBが採用されており、今回の地形難視実験においてもその値を満足する測定結果となった。

また、今回の実視聴結果は、全ての条件で良好な結果となり、同一偏波面送信であっても映像が破綻することはなかった。

表3. 7. 5. 4. 1 山ノ内局受信時の直交偏波面効果

| 受信 ch | 同一偏波面時 | 直交偏波面時 | 直交偏波面効果 |
|-------|---------|---------|---------|
| 13 ch | -1.6 dB | 17.2 dB | 18.8 dB |
| 14 ch | -0.9 dB | 16.9 dB | 17.8 dB |
| 15 ch | -2.6 dB | 14.4 dB | 17.0 dB |
| 16 ch | 0.3 dB | 17.3 dB | 17.0 dB |
| 17 ch | -0.9 dB | 16.3 dB | 17.2 dB |
| 18 ch | -1.4 dB | 14.3 dB | 15.7 dB |
| 平均 | -1.2 dB | 16.1 dB | 17.3 dB |
| 標準偏差 | 0.96 dB | 1.38 dB | 1.02 dB |

これは、ギャップファイラーの再送信によって、ガードインターバル内にはD/U ≒ 0dB付近の混信波は存在するが、ガードインターバル外となってしまう様なマルチパスが存在しなかったことや、十分な電界強度が得られたことで周波数特性にディップが存在しても、レ

* D/U は上位局を希望波とした場合の D/U 値
 * D/U の直交偏波面効果 = 直交偏波面時 D/U - 同一偏波面時 D/U
 * 標準偏差は取得データを母集団の標本とした推定値を計算

ベル低下したキャリアのC/N劣化が比較的になかったこと、さらに、周波数インターリーブや受信機の誤り訂正能力の向上による効果があったものと推測される。

しかし、フィールド状況や受信機に依存しないためには、同一偏波面による送信時のようなD/Uが0dBとなるような状態は避ける必要がある。

表3. 7. 5. 4. 2 第2GF受信時の直交偏波面効果

| 受信 ch | 同一偏波面時 D/U | 直交偏波面時 D/U | 直交偏波面効果 |
|-------------|----------------|----------------|----------------|
| 13 ch | 1.6 dB | 17.2 dB | 15.6dB |
| 14 ch | 0.9 dB | 19.2 dB | 18.3 dB |
| 15 ch | 2.6 dB | 17.6 dB | 15.0 dB |
| 16 ch | -0.3 dB | 16.8 dB | 17.1 dB |
| 17 ch | 0.9 dB | 18.1 dB | 17.2 dB |
| 18 ch | 1.4 dB | 16.5 dB | 15.1 dB |
| 平均 | 1.2 dB | 17.6 dB | 16.4 dB |
| 標準偏差 | 0.96 dB | 0.98 dB | 1.34 dB |

* D/U は GF 局を希望波とした場合の D/U 値

3. 7. 6 送受回り込み抑制関連

ギャップフィルターを用いて難視エリアへのサービスを行う際、チャンネルの有効利用の観点から、受信チャンネルと同一のチャンネルで送信を行うSFNで設置・運用することが望ましい。しかし、同じ周波数で送受信を行う際に、受信アンテナに送信アンテナからの送信信号が回り込んで受信され、送信信号の品質が劣化したり、ひどい場合にはギャップフィルターが発振を起こす場合がある。

現在、回り込みを抑制する方法として以下が提案されている。①交差偏波面効果、アンテナの指向性、送受信アンテナ間隔、遮蔽物等による送受信アンテナ間アイソレーションの確保、②回り込みキャンセラーによる回り込みD/Uの改善である。

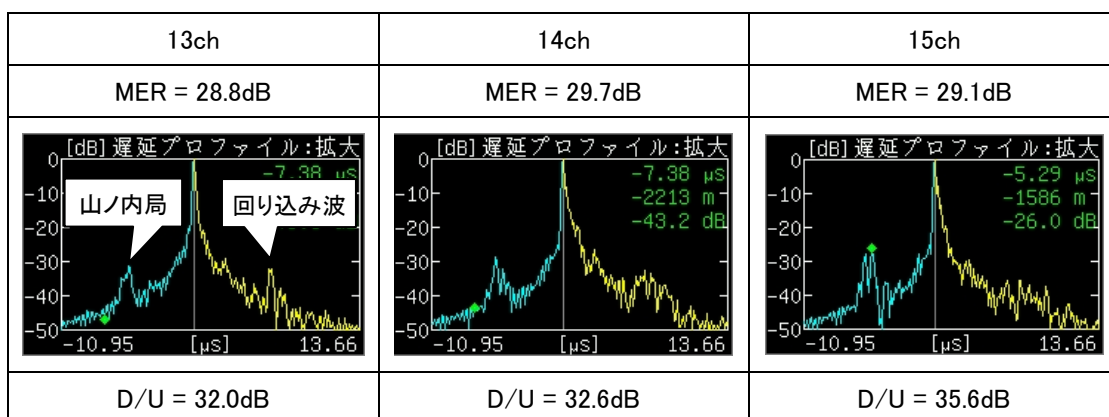
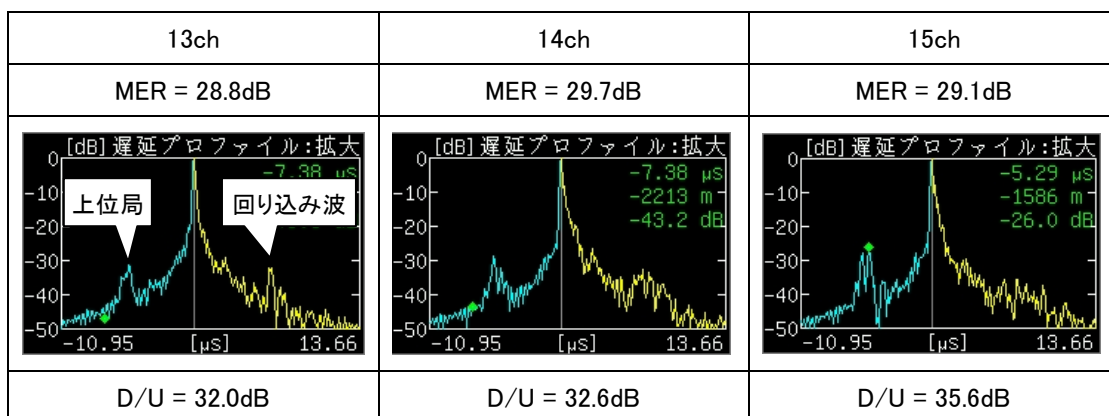
現時点で回り込みキャンセラーを搭載したギャップフィルター機器は開発が完了されていないため、①のアンテナ間アイソレーションを確保する手段を用い、実地試験を行った。

3. 7. 6. 1 第1ギャップフィルターの送受回り込み抑制

第1ギャップフィルターにおける送受回り込み抑制は、送信アンテナと受信アンテナを約50m離すとともに、約15mの標高差で設置するとともに、送信アンテナのヌル方向に受信アンテナを、受信アンテナのサイド方向に送信アンテナを配置することにより、送受回り込みの抑制を行った。(図3. 4. 1. 1参照。)

この手法で回り込み量の測定を行った結果を図3. 7. 6. 1に示す。ギャップフィルター調査地点での測定結果であるため、上位局(山ノ内局)波が主波の前に表示されている。

送信及び受信アンテナの設置位置やアンテナパターンの有効的な活用により、回り込みD/Uは、32～36dBになっており、これまでの実験等の報告にある20dB以上の確保が必要という結果から見れば良好な値となっている。



* マーカー位置のずれから、遅延プロファイル上の表示値とD/U値が異なっている。

* 主波の前にある電波は山ノ内局を示している。

図3. 7. 6. 1 第1ギャップファイラーの送受回り込み量とMER

3. 7. 6. 2 第2ギャップファイラーの送受回り込み抑制

第2ギャップファイラーにおける送受回り込み抑制は、ホテル屋上の縦6m、横4m、高さ3mの塔屋による遮蔽と送信アンテナと受信アンテナを、それぞれサイド方向になるような配置により送受回り込み抑制を行った。(図3. 4. 2. 1参照。)また、ギャップファイラー受信機で、S AWフィルタを使用したものと、デジタルフィルタを使用したものの2式を使用したのでフィルタの方式による違いもあわせて測定した。測定結果を図3. 7. 6. 2. 1に示す。

測定結果からは、チャンネルによって約10dBの差があり、13~14chは、回り込み量が多い傾向がある。この原因としては、山ノ内局を受信する八木アンテナの指向特性が低いチャンネルほど半値角が大きいいため、塔屋による遮蔽が十分ではなく、直接波もしくは反射波成分が影響している可能性が推測される。

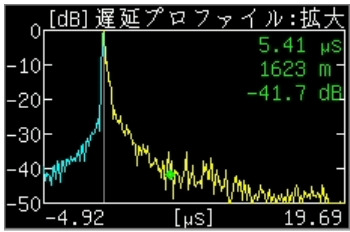
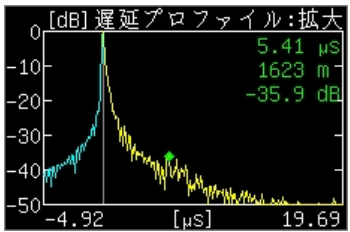
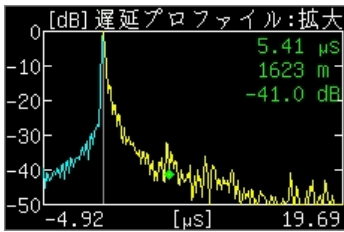
小さな遮蔽物を使用して、受信アンテナを設置する際は、送信波が遮蔽物で回折して受信される場合の到来角度が周波数における指向特性差が生じない角度となるように注意する必要があると考えられる。また、今回の受信チャンネルでは、受信アンテナにパラスタック型でローチャンネル帯域用高性能アンテナを使用し、狭指向性による改善も考えられた。

第3章 地形難視対策用ギャップフィルアー設置による二次的な障害の対応策

| | 13ch | 14ch | 15ch |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 受信波 | MER = 33.3dB | MER = 33.6dB | MER = 33.6dB |
| SAW フィ ルタ方式 | MER = 33.3dB | MER = 33.5dB | MER = 33.6dB |
| 遅延時間 7.8 μ s | <p>D/U = 23.8dB</p> | <p>D/U = 28.2dB</p> | <p>D/U = 33.7dB</p> |
| デジタル フィルタ方 式 | MER = 33.2dB | MER = 33.7dB | MER = 33.8dB |
| 遅延時間 5.4 μ s | <p>D/U = 24.1dB</p> | <p>D/U = 30.9dB</p> | <p>D/U = 33.0dB</p> |
| | 16ch | 17ch | 18ch |
| 受信波 | MER = 34.8dB | MER = 33.2dB | MER = 35.5dB |
| SAW フィ ルタ方式 | MER = 35.0dB | MER = 33.3dB | MER = 36.2dB |
| 遅延時間 7.8 μ s | <p>D/U = 33.5dB</p> | <p>D/U = 34.4dB</p> | <p>D/U = 33.6dB</p> |

* 一部マーカー位置のずれから、遅延プロファイル上の表示値とD/U値が異なっている。

図3. 7. 6. 2. 1(1/2) 第2ギャップフィルアーの送受回り込み量とMER

| | 16ch | 17ch | 18ch |
|-----------------------------------|---|--|---|
| 受信波 | MER = 34.8dB | MER = 33.2dB | MER = 35.5dB |
| デジタル | MER = 34.6dB | MER = 33.5dB | MER = 36.2dB |
| フィルタ 方式 遅延時間 5.4 μ s |  |  |  |
| | D/U = 35.1dB | D/U = 35.9dB | D/U = 32.5dB |

* 一部マーカー位置のずれから、遅延プロファイル上の表示値とD/U値が異なっている。

図3. 7. 6. 2. 1(2/2) 第2ギャップフィルアーの送受回り込み量とMER

この実地試験の結果から、どのチャンネルも回り込みの有無によって送信MERが大きく劣化することは無かったこと、及びフィルタ方式の異なる2つのギャップフィルアー(SAWフィルタ方式、デジタルフィルタ方式)を用いて測定したが、2つのギャップフィルアー間で回り込みD/Uや送信MERに大きな差は生じない状況になった。

これまでの実験報告によって回り込みD/Uを20dB以上確保すれば、送信品質に劣化をあたえないとの報告があるが、今回の実験においても20dB以上を確保し、送信MER劣化も生じなかった。これまでの実験報告書の内容を検証するため、室内環境において回り込み波が存在する場合の影響について確認を行った。

室内試験の結果を図3. 7. 6. 2. 2に示す。なお、測定条件として、①上位局の受信波C/Nは44.45dB(MER測定値)、②回り込み波は、1波で遅延時間10.95 μ s(測定環境で最小時間)、③等価C/N測定は、 2×10^{-2} の所要C/N劣化量から算出、とした。

この結果から、D/U > 5dBではMERの測定値に大きな劣化は見られないが、等価C/NはD/Uと共に劣化しているのがわかる。このことから、現地で回り込み

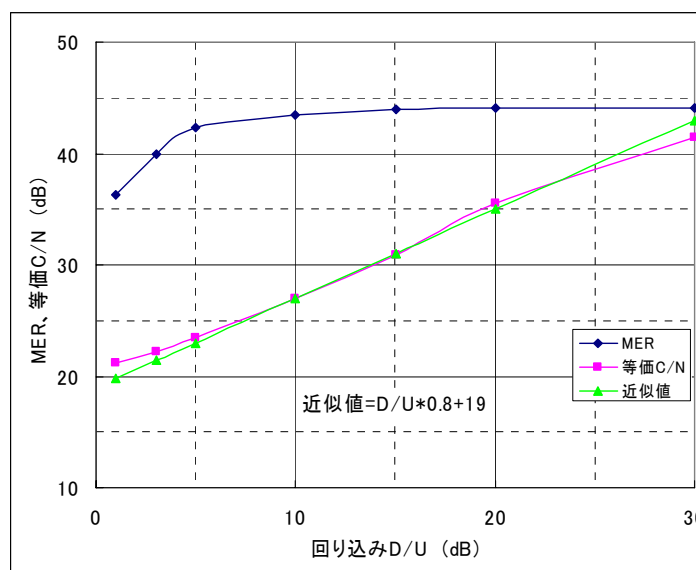


図3. 7. 6. 2. 2 回り込みD/UとMER及び等価C/N

の影響を確認する際、送信出力のMERを測定しても回り込みによる劣化を把握することは難しく、本来は所要C/Nの劣化量から等価C/Nを算出することが望ましいと考えるが、遅延プロファイルにより回り込みD/Uを測定し、近似値にて等価C/Nを算出して確認することが簡易的な方法として有効と考える。なお、同図の近似値は、フィールドでの検証が十分に行われていないので、参考値としての扱いにとどめたい。

次に、回り込みによる等価C/Nをどの程度の劣化に抑える必要があるかについて考えると、JCTEA STD-019-1.0((社)日本CATV技術協会標準規格「ギャップファイラーシステムとその機器」、以下同様。)に記載されている「難視(辺地)対策用ギャップファイラーの回線設計モデルの考えた」において、マルチパス劣化および干渉妨害について等価C/Nを30dBと想定しており、回り込み波による影響を含めた等価C/Nを30dBからの1dB劣化程度に抑えるためには、回り込みによる等価C/Nを35dB程度にする必要があり、この時の回り込みD/Uは約20dBとなる。

また、今回の実地試験中には上位局の受信電界の変化はほとんど観測できなかったが、JCTEA STD-019-1.0にも記載されているとおり、一般的にはARIB STD B-31で示されているようなフェージングマージンを見込む必要がある。ギャップファイラー設置を行うエリアの上位局は中～小規模の中継局が多いことを考えると、10dB程度のフェージングマージンを見込む必要があると推測される。仮に、ギャップファイラー局と上位局間の距離がある場合は、フェージングによる大きなD/U変動が見込まれ、D/U<0dBとなった場合は、ギャップファイラー局が発振現象を起こし、自局エリアはもちろんのことSFN難視ではない隣接エリアに二次的な障害をあたえる可能性があるため、十分なマージン確保が望まれる。

以上から、実際に置局する際においては、定常時に30dB程度の回り込みD/Uを確保することが望ましいと考える。

3.7.7 受信電界とMER測定の間関

受信点において受信電界が低下した場合、熱雑音の影響によって受信C/Nが劣化するため、MER測定値も比例して劣化することが推測できるが、今回の実地試験を行う中で受信電界とMERの相関性が崩れる測定データが生じたことから、この点について検証を行った。

図3.7.7.1に実地試験で得られた測定結果を受信電界とMER測定値の散布図で示す。なお、なお、図中に示されている理論値は受信電界から算出した受信C/N値を示したもので、送信C/Nを考慮して、上位局はMER=40dB、ギャップファイラーはMER=31dBが上限となるように計算したものである。

ギャップファイラーがMFN送信時については理論値に沿った結果が得られた。しかし、山ノ内局受信およびギャップファイラーをSFNで送信した時においては、理論値よりも下がったところに多く分布しており、特にSFN送信時における弱電界において、大きく理論値から離れる結果となった。

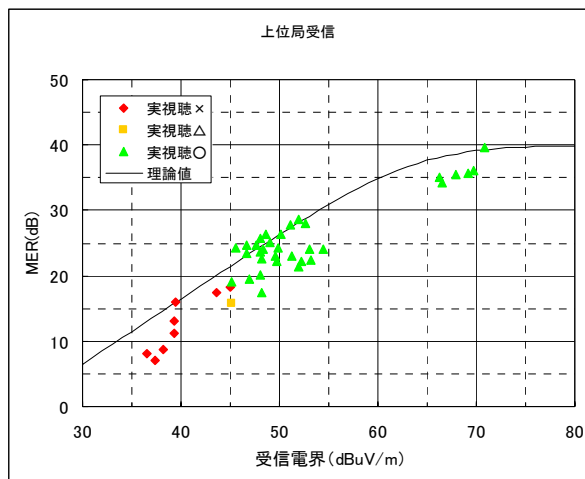


図3. 7. 7. 1(A) 山ノ内局受信時 (GF未送信)

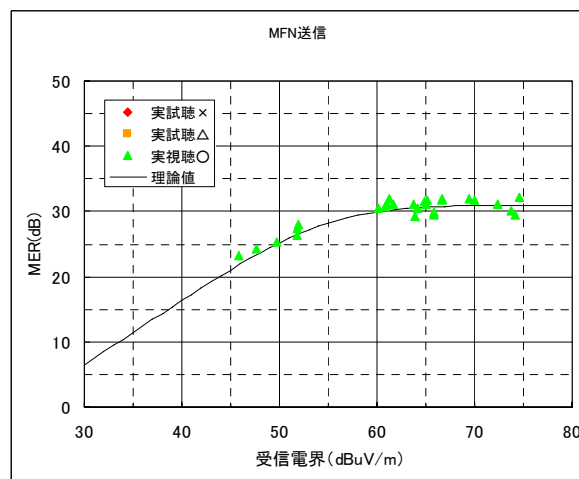


図3. 7. 7. 1(B) GF-MFN送信時

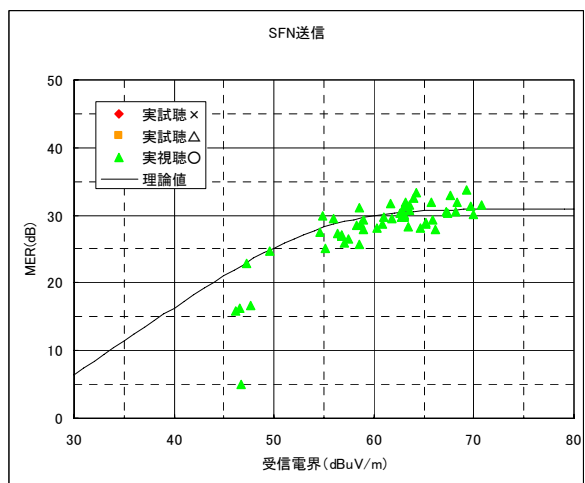


図3. 7. 7. 1(C) GF-SFN送信時

* MER=約5dBで実視聴○となっている点は MER 測定値の変動が激しかったため、実視聴結果と測定値が異なっている可能性がある。

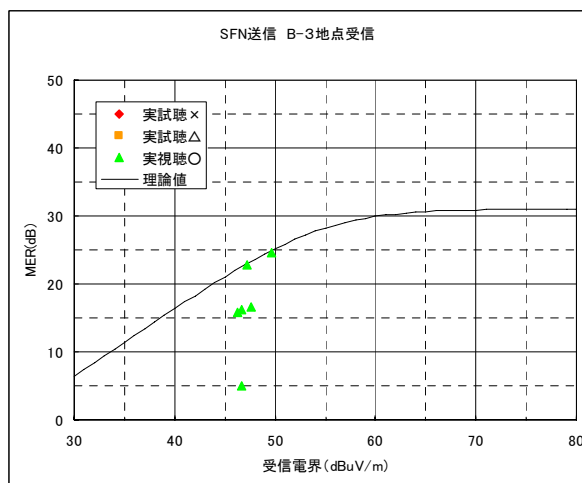


図3. 7. 7. 1(D) GF-SFN送信時 (測定ポイント B3)

図3. 7. 7. 1 受信電界とMERの関係

特に理論値から大きく離れている測定値を含む測定ポイントB3の各チャンネルの測定データ(数値)を表3. 7. 7. 1に示す。

この測定ポイントでは、受信電界の測定値にはあまり差が無いに関わらず、受信チャンネルによって大きくMER測定値が異なる状況になっている。このことから、受信電界強度以外の要素に

表3. 7. 7. 1 測定ポイントB3のチャンネルごとの受信電界とMER

| 受信チャンネル | 受信電界(dB μ V/m) | MER 値(dB) |
|---------|--------------------|-----------|
| 13 ch | 49.6 | 24.6 |
| 14 ch | 47.2 | 22.9 |
| 15 ch | 46.2 | 15.9 |
| 16 ch | 46.6 | 16.2 |
| 17 ch | 47.6 | 16.6 |
| 18 ch | 46.7 | 5.1 |

*MER 値は B 階層の値

よってMER値が劣化していると推測されたため、MER測定値と同時に取得した遅延プロファイルや周波数特性データを比較したものを、図3.7.7.2に示す。

同図から、周波数特性の乱れとMER測定値劣化が関連している傾向を見ることができる。

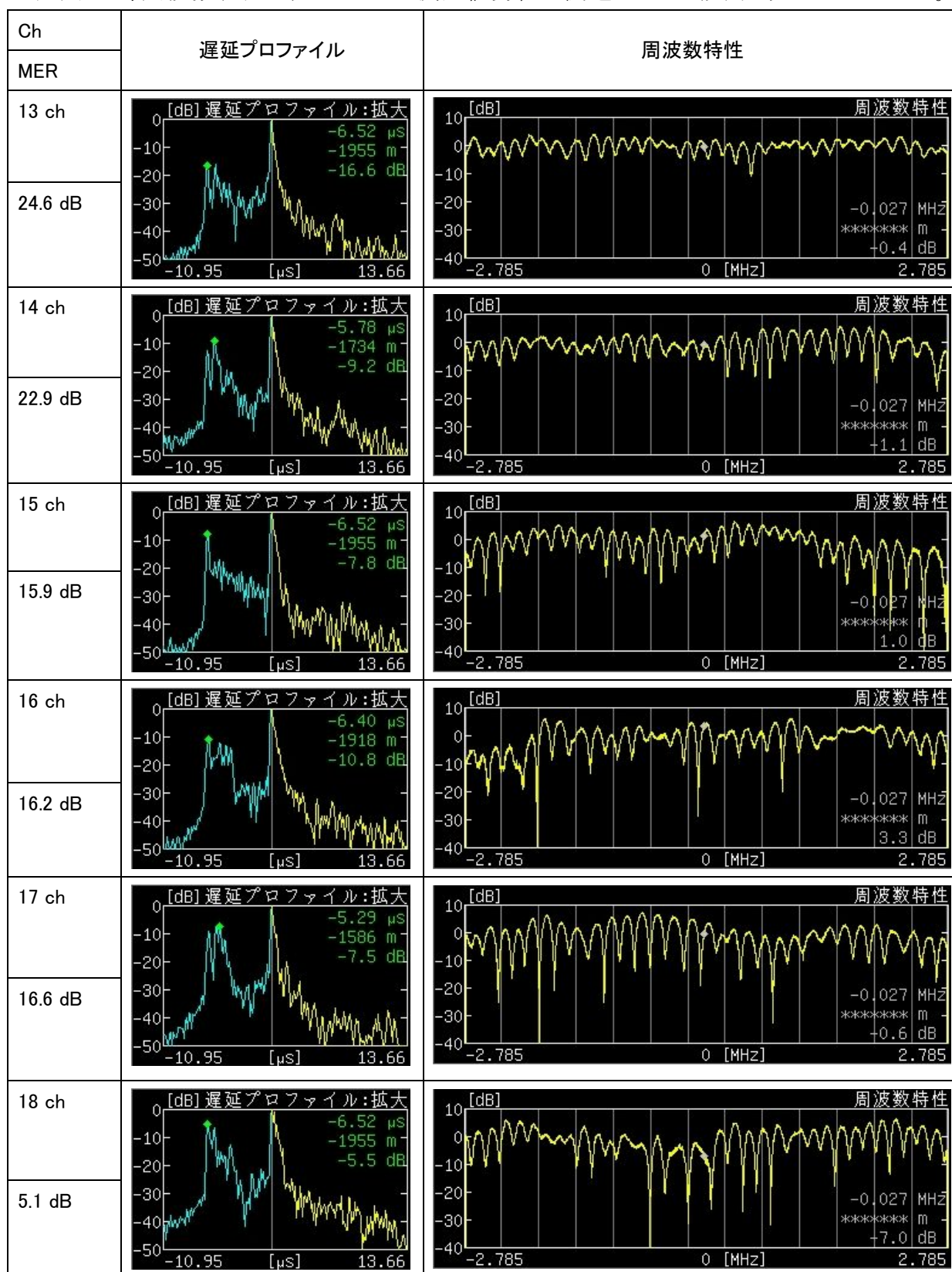


図3.7.7.2 測定ポイントB3における遅延プロファイルと周波数特性

このため、周波数特性の数値データを使用してキャリア毎の C/N を計算し、そのデータから全体のMER値を算出して測定値との比較を行った。その結果を表3. 7. 7. 2に示す。

表3. 7. 7. 2 MERの計算値と実測値の比較

| ch | 受信電界 | 理論値C/N | MER計算値 | MER実測値 | 差分 |
|----|------|--------|--------|--------|------|
| 13 | 49.6 | 26.1 | 25.1 | 24.6 | 0.5 |
| 14 | 47.2 | 23.7 | 20.9 | 22.9 | -2.0 |
| 15 | 46.2 | 22.7 | 12.3 | 15.9 | -3.6 |
| 16 | 46.6 | 23.1 | 12.7 | 16.2 | -3.5 |
| 17 | 47.6 | 24.1 | 15.1 | 16.6 | -1.5 |
| 18 | 46.7 | 23.2 | 1.5 | 5.1 | -3.6 |

この結果から、計算値と実測値との間に若干の差はあるものの、傾向は良く示されている。このため、同じ受信電界であっても周波数特性の乱れによって、MER測定値が大きな影響を受けていると推測される。

また、今回は周波数特性データによってC/Nの劣化を計算したが、遅延プロファイル画像を比較しても、大きな差は見受けられない。このため、複数のマルチパス間の位相状態によって深いディップが生じるか否かが変化し、MER特性の劣化具合が変わるものと推測される。

図3. 7. 7. 2の14chと18chの遅延プロファイル波形はほとんど変わりが無いが、周波数特性に見られるディップの落ち込みは大きく異なっている。大きな落ち込みのあるキャリアは複数のマルチパス波の位相により希望波が相殺するように合成され、急激なレベル低下を起しているものと推測される。

一般に周波数特性のディップが深い部分は、マルチパス波が希望波を大きく相殺するような位相関係となる範囲が狭いため、アンテナの揺れなどによってマルチパス波間の位相差が変化すると周波数特性上のディップの深さが大きく変化し、MERの測定値に大きな変動をもたらしたものと考えられる。

このことは、今回、大きな劣化の生じなかったチャンネルについても、時間変化や測定点のわずかな移動によってMER値が大きく変動する可能性を持っていることを意味しており、MER測定値の他に遅延プロファイルや周波数特性によるマルチパス波の状態を把握し、マルチパスD/Uが小さい場合やマルチパスが多いような環境では、MERが劣化する要因を持っているので十分に注意してエリア検討を行う必要がある。

なお、測定ポイントB3では、測定中に18chのMER値が大きく変動しているのが見受けられたが、これについては、前述のとおりマルチパス波間の位相関係によってディップによる落ち込み量が大きく変化し、MERの測定値が大きく変動したものと推測される。

3.8 第3章の実地試験のまとめ

地形難視対策用のギャップファイラーの実地試験を通じて得られた結果について次のとおり取りまとめた。

- (1) シミュレーターにより、地形シャドールの状況、ギャップファイラーのサービスエリア及びS-FN与干渉についてシミュレーションを行ったが、いずれの場合においても計算値と実測値がほぼ一致している。実際のギャップファイラーの置局にあたっては、今回使用したようなシミュレーターを使用することにより、二次的な障害の発生地点の予想等、極めて有効であるものと考えられることから積極的な活用が望まれる。
- (2) ハッチエリアにおけるギャップファイラーの設置方法については、ハッチエリアの中央部から複数の送信アンテナを組み合わせることでギャップファイラーの電波を発射すれば、比較的の高い電界強度で、ほぼ、まんべんなく難視の解消が可能になることから、このような手法で置局することが、適当と考える。
- (3) 直交偏波効果については、実地試験を行った場所が、すり鉢状の地形であったが、山ノ内局を受信した場合で約17dB、ギャップファイラーを受信した場合で約16dBとなった。この値はITU-R勧告の16dBと、ほぼ一致している。実地試験を行った場所が山間地に多い地形であることから、この偏波面効果を活用して、二次的な障害の未然防止及び発生地点の最小化を図るために、ギャップファイラーの偏波面は、上位局と直交することが適当である。なお、課題としては、周辺へのギャップファイラーの電波の飛び出しによる与干渉が発生した場合には、上位局と異なる方向から偏波面の異なる電波が到来するため、ギャップファイラー方向へのアンテナ調整に併せて偏波面の変更が必要になるなど、対策が多様化する場合があることが考えられる。
- (4) ギャップファイラーにおける送受回り込み抑制については、地形及びアンテナの指向特性により抑制を行った場合の方が十分な抑制を行うことができたが、建造物使用して遮蔽を行った例では、遮蔽となる建造物がやや小さかったためか、周波数の低い13及び14チャンネルで十分な遮蔽が得られない状況になった。対策としては、今回のようなローチャンネル受信では、受信アンテナにパラスタック型でローチャンネル帯域用高性能アンテナを使用し、狭指向性による改善が考えられる。
今回の実地試験や日本CATV技術協会標準規格等で回り込みD/Uは20dB以上確保する必要があるとされている。これにフェージングマージン10dBを加えて、回り込みD/Uは30dB以上を確保することが必要と考える。
- (5) 弱電界の場所にあつては、MER測定値の他に遅延プロファイルや周波数特性によるマルチパス波の状態を把握する必要がある。具体的には、マルチパスD/Uが小さく、マルチパスが多いような環境では、MERが劣化する要因があるので、MERの値のみに着目するのではなく、周波数特性にも十分に注意してエリア検討を行う必要がある。

第4章 まとめと展望

4.1 まとめ

本調査検討会では、建造物や丘陵等により地上テレビジョン放送の受信が困難な地域において、その周辺をサービスする上位局とSFNによるギャップファイラーを設置した場合の二次的な障害の対応策等について、調査検討を行い、実地試験を実施して検討結果の検証を行ってきた。次節以降に検討を行った課題ごとにまとめを行う。

4.1.1 事前のシミュレーションについて

実地試験の実施に際しては、事前にシミュレーターによるシミュレーションを行い、試験を行ってきた。事前シミュレーションは、現場で測定する際に測定の目安となるとともに、誤測定を防止するためにも極めて重要である。今回の一連の実地試験では、計算値と実測値にほとんど差異がない状況になっており、建造物障害の発生地点の特定や二次的な障害の発生地点の特定など、極めて有効であるものと判断されることから、実際にギャップファイラーを設置する際にも積極的に活用することを推奨する。建造物障害及び地形難視用のシミュレーターに求められる要件等について、以下に記載する。

建造物障害の影響については、位置、幅及び高さ等によるフレネル積分を用いた計算値と今回の実測値がほぼ一致しており、この手法を活用することが可能である。また、SFNギャップファイラーによる与干渉についてもこの手法により予測が可能である。

地形難視におけるギャップファイラーの置局にあたっては、地形の変化、建物の状況、森林等の遮蔽状況等の様々なパラメーターを加味できるシミュレーターを使用して、エリアの確認やSFNギャップファイラーによる与干渉の発生場所特定等を行うことにより、より円滑な置局が可能になるものと考えられる。

4.1.2 建造物障害対策用ギャップファイラーの低位送信について

実地試験を行ったマンションの仮想ビル陰は、最も離れた場所で400mであり、ギャップファイラーの送信高20m、受信高10mとすると伝送路の中央部(伝送路の中央でフレネル半径が最も大きくなる場所。今回の実地試験では200mの地点。)の輻射中心高は15mになる。

この高さから500MHzにおけるフレネル半径7.8mを引いた高さがフレネルゾーンに影響を与えない高さとなり、実地試験の場合は7.2mまでの建物であれば影響を与えないことになる。一般の住宅の平均的な高さが8mであるので、救済エリア内が住宅地であり、影響を受ける最も遠い世帯までの距離が400m程度であれば、送信高は20mでも問題ないことになる。このようにギャップファイラーのエリア内の住宅等、建造物の状況を把握し、それらの建造物が可能な限り、フレネルゾーンに入らないように送信高を決定すれば、低位送信は十分可能である。

4. 1. 3 交差偏波識別度について

交差偏波識別度については、建造物障害の発生エリアで約15dB、地形難視エリアで16～17dBという測定結果を得た。この値は、ITU-R勧告の16dBとほぼ同一の数字であり、測定場所が、反射波が多いと考えられる場所と、比較的反射波が少ないと考えられる山間地と異なっても同一であったことから、交差偏波識別度の値はITU-R勧告の16dBをそのまま使用しても一般的には問題ないものとする。なお、建造物障害のエリアにあつては、ほぼ同一の電界強度であっても識別度が異なる地域依存性も見受けられることから、このような地域依存性を考慮して、例えば、場所率90%を確保するものとするれば、平均値から標準偏差の1.6倍を減じた値を用いなければならない。具体的に言うと、場所率90%の交差偏波識別度は、約5dB(≒15dB-6dB×1.6)として検討することも必要になる場合がある。

このような結果から、SFNによるギャップフィルターの送信アンテナの偏波面は、受信困難地域をサービスエリアとする上位局と直交することにより、二次的な障害の発生防止に有効と考える。

4. 1. 4 送受回り込み抑制について

送受分離のギャップフィルターの場合には、地形やアンテナの指向特性等、様々な手法を使い回り込みの抑制を図ることが可能である。

これに対して送受非分離のギャップフィルターの場合は、屋上の塔屋などの建造物による遮蔽及び送受アンテナのアイソレーションにより送受回り込みを抑制する以外、抑制する手法がないが、ギャップフィルター受信点におけるギャップフィルター送信点からの建造物遮蔽効果は、電界強度が、アンテナ位置の僅かな変化でも大きく変動する場合もあり、また、6MHz帯域内でも大きな周波数特性を示す場合がある。したがって、遮蔽効果を利用する際には慎重な検討が必要である。また、遮蔽領域の回折波は非一様な電界分布となることから、受信アンテナは、本来の特性とは異なる特性となる。したがって、遮蔽効果とアンテナ指向性特性を単純に加算して回り込み量を推定することは、適切とは言えず注意が必要である。

回り込み量については、今回の実地試験においても20dB以上確保する必要があるものとされているが、この値にフェージングマージン10dBを加えて30dB以上確保することが適当であるとする。なお、ギャップフィルター受信点には、上位局の電波の他にギャップフィルター送信点から発射された電波が周辺のビル等に反射して到来する電波があり、これらが起因して送信特性が悪化することに留意する必要がある。とりわけ、市街地の開発が盛んな地域では、ギャップフィルター設置後に反射波を生じるような建造物が新たに建設される場合も考えられることから、ギャップフィルターの特性の定期的な測定も不可欠であるとともに、一例を挙げれば、二次障害を防止し、障害を通報するために、周波数特性が悪くなると自動的に出力が低減するようなシステムの開発も望まれる。

4. 1. 5 電界強度とMERの関係について

一般的に、MERが20dBを下回ると、MERの測定値とBERや受信画質との関係は、一様でなくなってくる。今回の実地試験においても、ほぼ、同一のMERであっても、受信に差が生じる、あるいは、受信可能であるがMERが大きく異なる等の事象が発生した。特にこの事象は、SFN送信時の弱電界において、見受けられた。

この現象については、周波数特性の乱れによって、MERの測定値に大きな影響を与えていると推測されるが、完全な解明には至らなかった。今後、地上デジタル放送の普及促進のために、受信限界に近い弱電界地点の調査等が必要になることから、これらの現象について解明が必要になるものと考えられる。

4. 2 課題と展望

4. 2. 1 ギャップファイラーの技術的課題について

今回の調査検討を通じて、低位送信の可能性、遮蔽領域における交差偏波識別度の値及び塔屋等の建造物による遮蔽を利用した回り込み抑制における注意点等の技術的な特性についてある程度、明確にできたものとする。

また、新たな技術的な要件として、ギャップファイラーの送信アンテナから発射された電波が、周辺のビル等の建造物に反射してギャップファイラーの受信アンテナに回り込むことによる周波数特性の乱れについても注意が必要なことが判明した。

なお、解明までは至っていないが、弱電界における電界強度とMERの相関が乱れる現象についても周波数特性の乱れが起因しているのではないかと、糸口までは到達することができたものとする。

このように、これまであまり明らかにならなかった点が解明され、それらがシミュレーターのパラメーターとして組み込まれて行くことにより、より精度の高いシミュレーションが可能となることから、ギャップファイラーの迅速な設置と二次的な障害の発生場所の特定等が容易になるものと考えられる。より精度の高いシミュレーターの開発が待たれるところである。

4. 2. 2 ギャップファイラーの設置コストについて

ギャップファイラーの設置コストについては、送受非分離方式で450万円程度以上、送受間50mの同軸ケーブル伝送による送受分離方式で600万円程度以上、送受間500mの光ケーブル伝送による送受分離方式で950万円程度以上と試算されている。(受信世帯の受信アンテナ工事費を除く。)

設置コストは、潜在電界の調査や受信点の探索、更には伝送ケーブルの施工方法等により増額する変動要素が多いが、幅150m、長さ450mの建造物障害の場所に加入者数95世帯でケーブル伝送方式による共聴施設を新設すると、約1,200万円程度の費用がかかるものと試算もあり、コスト的に見ても大きな差は無いものと考えられる。

ギャップファイラーの場合は、各家庭までの伝送路を持たないため、道路占用、河川横断及

び電柱共架等の申請が不要であり、同一の設置コストであれば、設置期間の短いギャップファイラーの方にメリットがある。このメリットを生かして普及促進を図るためにも、一層の設置コストの低廉化が進むことを期待する。

4.2.3 ギャップファイラーの設置・運用について

ギャップファイラーを設置する場合は、「受信障害対策中継放送を行う放送局の開設に当たってのガイドライン」に基づき、都道府県を単位に放送事業者等において組織される地上デジタル放送推進協議会との事前協議を行うことが定められている。これは、ギャップファイラーを設置することにより、放送事業者が開設する中継局の下に放送事業者以外の者が開設する中継局が存在することとなることから、放送事業者がその存在を把握し、混信の防止や放送事業者の中継局の遅延調整によるギャップファイラーの二次的な障害の発生を防止するために必要であり、事前協議の徹底を願いたい。

また、有線共聴施設と異なり、ギャップファイラーは各家庭に電波で届くため、何らかの障害が発生した場合において、一般家庭では障害の発生原因が、ギャップファイラーなのか、放送局の中継局なのか判断ができないため、施設利用者間の連絡体制の整備が必要である。

有線共聴施設の場合は、その管理団体への加入し、引き込み線工事によりテレビを視聴することが可能になるが、ギャップファイラーの場合は、サービスエリア内であれば受信アンテナを設置すれば受信が可能になることから、他の自治体等からの転入者等には、その地域で独自に設置した中継局との理解を得ることは難しいものと考えられ、組合方式からその地区で共用物として管理を行うなど、管理主体についても検討が必要なものとする。

また、放送局の免許を取得することから、電波利用料の納入、定期報告、再免許手続き等の法に基づく事務手続きが必要であり、これらの手続きを確実に実施するためにも、これまでの有線共聴の組織以上に管理・運営体制の強化等が必要になるものと考えられる。

4.3 おわりに

平成20年5月から開始した「ギャップファイラーにおけるSFNに関する調査検討会」では、SFNギャップファイラーを設置した場合における二次的な障害の対応策等について調査検討を行い、実地試験を通して検証を行ってきた。その結果として、低位送信の可能性、交差偏波識別度の明確化、送受回り込み抑制に関する留意点等、ギャップファイラーの設置に向けたいくつかの技術的な結論を得ることができたものとする。

2011年7月のアナログ放送の終了まで、既に900日を切っており、早期の有線共聴施設の改修やギャップファイラーの整備が求められている。ギャップファイラーの整備を計画している団体にあつては本調査検討会の検討結果を参考にいただければ幸いである。

最後に、本調査検討会の開催あたり、ご尽力、ご協力をいただいた構成員各位、また、実地試験において実験試験局で放送波を再送信することをご快諾いただいた長野県内の放送事業者をはじめ、関係機関の皆様に深く感謝を申し上げる次第である。

1 「ギャップフィラーにおけるS F Nに関する調査検討会」 開 催 趣 旨

2011年7月の地上テレビジョン放送のデジタル化への完全移行に向けて、全国的に中継局や共聴施設の整備が急ピッチで進められています。

信越管内においても2006年4月から地上デジタルテレビジョン放送（以下「地上デジタル放送」という。）が開始され、2008年末における世帯カバー率は、新潟県約96.8%、長野県約93.8%と予想され、年々、サービスエリアが拡大されつつあります。

このようにサービスエリアは順次、拡大されていますが、地上デジタル放送の普及促進にあたっての課題のひとつとして、ビルや建造物に遮蔽された場所（以下「ビル陰」という。）における受信障害への対策があります。

この対策方法として、ギャップフィラーの設置が有効と考えられますが、ビル陰対策用ギャップフィラーの技術基準については、2008年1月に情報通信審議会で「デジタル混信等の難視対策のためのギャップフィラーに関する技術的条件」が答申され、現在、総務省において制度整備を行っています。

この技術的条件の審議を行った情報通信審議会の放送システム委員会報告では、難視対策用のS F Nを行うギャップフィラーの置局による二次的な障害の防止策として、カバーエリアの最小限化による不要な飛び出しの抑制、偏波面を上位局と変えることによる上位局受信者への影響の軽減等があげられています。

一方、近年、携帯・移動体向けのサービス（通称：ワンセグ）に対応した携帯電話やカーナビ等の急増により、繁華街や駅前広場、地下街及びホール等の屋内等、これまでテレビジョン放送の受信を想定していなかった場所においても、受信ニーズが高まりつつあり、このような場所においてもS F Nを行うギャップフィラーの置局が効果的と考えられます。

このような状況に鑑み、ギャップフィラーにおけるS F Nに関する技術的な調査検討を行うことにより、比較的小ゾーンのギャップフィラーの置局に関する技術的なデータ収集を行い、ギャップフィラーの円滑な置局を図るとともに、もって、周波数の有効利用に資するため本調査検討会を開催するものです。

※ギャップフィラー：“Gap Filler”（「隙間を埋める」の意）が示すように技術的な意味の用語であり、地上デジタル放送のカバーエリアの隙間となり、受信の障害が発生している狭いエリア（およそ1~2 km四方）をカバーするために追加的に置局する極微小電力の中継局

※S F N : Single Frequency Network : 単一周波数中継（複数の放送局から同一の送信周波数で同一のプログラム（同一変調内容）を放送するネットワーク）

※「デジタル混信等の難視対策のためのギャップフィラーに関する技術的条件」答申の範囲は、ビル陰対策用及びデジタル混信対策用ギャップフィラーに係る技術的条件である。

2 ギャップファイラーにおけるSFNに関する調査検討会 設置要綱

1 目的

ビル陰等の受信障害の対策に使用するギャップファイラーにおけるSFN(SFN:Single Frequency Network)構築のための技術的調査検討を行うことにより、ギャップファイラーの円滑な置局を図り、もって、地上デジタルテレビジョン放送への完全移行の推進と周波数の効率的な利用を図ることを目的とする。

2 名称

本調査検討会は、「ギャップファイラーにおけるSFNに関する調査検討会（以下「調査検討会」という。）」と称する。

3 調査検討事項

調査検討会では、以下の事項について調査検討する。

- (1) ビル陰等におけるギャップファイラーの設置に関して、適切な空中線高等に関する課題の整理と検討
- (2) ビル等の建造物から反射波による交差偏波識別の改善度に関する調査検討
- (3) ギャップファイラーの普及に向けた提案
- (4) その他、調査検討会の目的達成のために必要な事項

4 構成

調査検討会の構成は以下のとおりとする。

- (1) 調査検討会は、信越総合通信局長の委嘱した委員をもって構成する。
- (2) 調査検討会に座長及び座長代理を置く。
座長は委員の互選によって選出し、座長代理は委員の中から座長が指名する。
- (3) 調査検討会に必要に応じて、作業部会を置く。

5 運営

- (1) 調査検討会は、座長が召集し主宰する。座長不在時は座長代理がこれを行う。
- (2) 調査検討会は、必要があると認めるときは、委員以外の者から意見を徴することができる。
- (3) その他調査検討会の運営に必要な事項は座長が定める。

6 開催期間

平成20年5月から平成21年3月までとする。

7 事務局

調査検討会の庶務は、信越総合通信局無線通信部企画調整課が担当する。

3 ギャップファイラーにおけるSFNに関する調査検討会 構成委員

(五十音順 敬称略)

- 井澤 哲美 日本アンテナ(株) 取締役 営業本部長
- 伊藤 紀男 (株)テレビ信州 技術局長
- 金子 貞夫 長野朝日放送(株) 技術局 顧問
- 加茂 俊樹 (株)シーテック 長野支社 情報通信部 通信システム課長
- 齊藤 浩一 新潟県 総務管理部 情報政策課長
- 坂井 澄夫 新潟地上デジタル放送推進協議会 ((株)テレビ新潟放送網 経営局次長兼技術統括部長)
- 笹森 文仁 信州大学工学部 電気電子工学科 准教授
- 杉浦 敏博 (株)マスプロ電工 開発部 担当部長
- 関川 武文 東日本システム建設(株) 長野ITビジネス事業本部 技術部門 担当部長
- 高山 享 (株)日本デジタル放送システムズ 技師長
- 武井 廣助 長野県電機商業組合 長野支部長 ((有)三愛電機 代表取締役)
- 田中 勇次 (社)日本ケーブルテレビ連盟信越支部 技術委員長
(株)信州ケーブルテレビジョン 代表取締役社長)
- 田辺 吉崇 日本放送協会 長野放送局 技術部長(平成20年7月まで)
飯野 俊幸 日本放送協会 長野放送局 技術部長(平成20年7月から)
- 堤 啓治 信越放送(株) 取締役 技術局担当兼技術局長
- ◎半田 志郎 信州大学 工学部 電気電子工学科 教授
- 福田 健司 八木アンテナ(株) 事業推進本部 営業技術部 部長代理
- 曲渕 正敏 日本無線(株) 通信機器事業本部 放送機ユニット ユニット長
- 丸山 和章 (株)長野放送 技術局長
- 宮澤 昇一 (株)NHKアイテック 松本事業所 所長(平成20年7月まで)
田辺 吉崇 (株)NHKアイテック 松本事業所 所長(平成20年7月から)
- 百瀬 清 長野県 企画部 情報統計課長
- 山田 寛喜 新潟大学 工学部 情報工学科 教授

(◎印 座長、○印 座長代理)

調査検討会事務局 信越総合通信局 企画調整課 課長 保坂 聡
課長補佐 柳澤 安永
企画監理官 渡會 昌輝(平成20年7月まで)
企画監理官 上田 和久(平成20年7月から)

4 ギャップファイラーにおけるSFNに関する調査検討会 作業部会設置要綱

1 目的

ビル陰等の受信障害の対策に使用するギャップファイラーにおけるSFNに関する技術的調査検討に必要なデータの収集・分析等を行うことを目的とする。

2 調査検討事項

- (1) ビル陰対策用のギャップファイラーの適切な空中線高等のデータ収集・分析
- (2) 交差偏波による改善量の実態に関するデータ収集・分析
- (3) ギャップファイラーにおけるSFNに関する技術的なデータ収集・分析
- (4) その他、調査検討会の調査検討事項に必要なデータ収集・分析に関する事項

3 構成

作業部会の部会長及び委員は、構成委員及び構成委員が推薦した者で座長が指名するものをもって構成する。

4 運営

- (1) 作業部会は、部会長が召集し主宰する。
- (2) 作業部会の運営に関して必要な事項は、部会長が作業部会に諮って定める。

5 事務局

作業部会の庶務は、信越総合通信局無線通信部企画調整課が担当する。

5 ギャップファイラーにおけるSFNに関する調査検討会 作業部会委員

(五十音順 敬称略)

【部会長】

笹森 文仁 信州大学工学部 電気電子工学科 准教授

【委員】

今井 繁雄 日本アンテナ(株) 営業推進部 営業第3課 課長

大原 久典 (株)マスプロ電気 開発部 副部長

梶 貴一 日本無線(株) 通信機器事業本部 放送機ユニット 主任

加茂 俊樹 (株)シーテック 長野支社 情報通信部 通信システム課長

小菅 紀之 (株)日本デジタル放送システムズ 技術部

小林 正知 長野朝日放送(株) 技術局 局次長

坂井 澄夫 新潟地上デジタル放送推進協議会 ((株)テレビ新潟放送網 経営局次長兼技術統括部長)

関川 武文 東日本システム建設(株) システム事業部技術部門 担当部長

田中 勇次 日本CATV連盟信越支部 技術委員長 ((株)信州ケーブルテレビジョン 代表取締役社長)

田辺 吉崇 日本放送協会 長野放送局 技術部長(平成20年7月まで)
進藤 進一 日本放送協会 長野放送局 技術部 副部長(平成20年7月から)

平出 信 (株)テレビ信州 技術局 技術部長

福田 健司 八木アンテナ(株) 事業推進本部 営業技術部 部長代理

丸山 活輝 信越放送(株) 技術局 放送管理部 部次長

宮澤 昇一 (株)NHKアイテック 松本事業所 所長(平成20年7月まで)

田辺 吉崇 (株)NHKアイテック 松本事業所 所長(平成20年7月から)

目黒 清美 (株)長野放送 技術局 専任局長(平成20年8月まで)

田宮 秀英 (株)長野放送 技術局 局次長兼技術部長(平成20年8月から)

【事務局】

信越総合通信局 無線通信部 企画調整課

6 調査検討会及び作業部会経過報告

| 年 月 日 | | 調査検討会及び作業部会の審議内容等 |
|---------|----------|--|
| 平成 20 年 | 5 月 26 日 | ○第 1 回調査検討会(長野市) 調査検討会の設置について 調査検討会の検討内容等について 地上デジタルテレビジョン放送の動向等について |
| | 6 月 10 日 | ○第 1 回作業部会(長野市) 実地試験項目等について 調査検討スケジュールについて |
| | 7 月 10 日 | ○第 2 回調査検討会(長野市) 作業部会における検討状況について 実地試験項目等について 実地試験場所について 実地試験のスケジュールについて |
| | 7 月 10 日 | ○第 2 回作業部会(長野市) 実地試験項目等について 実地試験場所について 実地試験に関する仕様概要について |
| | 8 月 19 日 | ○第 3 回作業部会(長野市) ビル陰関連の実地試験について 地形シャドー関連の実地試験候補地等について 実地試験等スケジュールの一部修正について GF実験試験局の運用時の連絡体制 |
| | 9 月 18 日 | ○ビル陰等 公開試験(長野市) 事前説明 ギャップフィラー及び電測の見学 |
| | 12 月 1 日 | ○丘陵等難視エリア 公開試験(長野県 山ノ内町) 事前説明 ギャップフィラー及びエリア内の電界強度測定の見学 |

| 年 月 日 | | 調査検討会及び作業部会の審議内容等 |
|---------|-----------|---|
| 平成 20 年 | 12 月 21 日 | ○ 第 4 回作業部会(長野市) 送受回り込み抑制の調査及び実地試験について 地形シャドー関連の実地試験方法等について 実地試験等スケジュールの一部修正について |
| 平成 21 年 | 1 月 16 日 | ○ 第 5 回作業部会(長野市) ビル陰等関連の実地試験結果について 地形シャドー関連の実地試験結果(中間)について |
| | 2 月 4 日 | ○第 3 回調査検討会(長野市) 作業部会における検討状況について 実地試験結果のまとめについて GFの設置コスト等について 報告書骨子(案)について |
| | 3 月 13 日 | ○第 4 回調査検討会(長野市) ギャップフィラーの普及方策について 報告書結果の取りまとめについて |

7 (株)NHKアイテックの報告書(建造物障害対策用GF関係)

別添のCD-ROMの「NHKアイテック」という名前のフォルダーに収容してあります。

測定データの参照については、NHKアイテックの報告書の資料編に測定データ閲覧ソフトの取り扱い説明書をご一読いただき、ご使用ください。

なお、測定データ閲覧ソフトを使用する場合は、「081101 長野屋外試験測定データ」というフォルダーを読み書き可能なドライブにフォルダーごとコピーして使用してください。

8 (株)日本デジタル放送システムズの報告書(地形難視対策用GF関係)

別添のCD-ROMの「J-DS」という名前のフォルダーに収容してあります。

測定データの参照については、エクセルで作成した各実地試験記録用紙の管面写真保存時刻の数字を左クリックしていただくと、測定時点のスペアナの管面が表示されます。

9 受信障害対策中継放送を行う放送局の開設に当たってのガイドライン

別添のCD-ROMの「ガイドライン」という名前のフォルダーに収容してあります。

ギャップフィルターにおけるSFNIに関する調査検討会 報告書

発行日 平成21年3月

発行 総務省 信越総合通信局
ギャップフィルターにおけるSFNIに関する調査検討会

連絡先 調査検討会 事務局
総務省 信越総合通信局 無線通信部 企画調整課
380-8795
長野市旭町1108 長野第1合同庁舎
TEL 026-234-9953 FAX 026-234-9947
電子メール shinetsu-kikaku@soumu.go.jp
ホームページ <http://www.soumu.go.jp/soutsu/shinetsu/>