

ホワイトスペース活用によるUHF帯広帯域無線伝送システム  
のための周波数共用条件等に関する調査検討会

報 告 書

平成25年 3月

## 《巻頭言》

### 貴重な周波数の有効な共用に向けて

昨年度「ホワイトスペース活用による UHF 帯広帯域無線伝送システムに関する調査検討会」報告書(平成 23 年 3 月)を公開し、新たな無線資源の利用方法を検討するための基礎的な実験結果を報告いたしました。使用することができました周波数は、伝搬特性および通信可能帯域の点において、優れた特性を備えていることが示されました。

ホワイトスペース (WS) 利活用推進に関しましては、国外において、さらに進展しており、米国においては FCC により” Office of Engineering and Technology Authorizes TV White Space Database Administrators to Provide Service to Unlicensed Devices Operating on Unused TV Spectrum Nationwide” (2013. 3. 1) が公開され、TV WS データベースを用いて、WS 利活用が推進されようとしています。イギリスにおいても、Ofcom により” TV white spaces A consultation on white space device requirements” (2012. 11. 22) が公開され、WS のユース・ケースとして、地方における高速ネットワーク、ホットスポット、家庭内高速ネットワーク等が挙げられています。このように、海外においては、WS におけるデータ通信系の利活用の推進が想定されています。

日本においても、総務省ホワイトスペース推進会議において、検討が行われており「ホワイトスペース利用システムの共用方針」(2012. 1. 24)等が公開されており、今後のさらなる検討が期待されます。現状では、欧米で推進されていますスーパーWi-Fi等のデータ通信系との共用に関する検討がさらに必要な状況です。一方で、国内の移動通信トラヒックは引き続き増加しており、総務省による平成 24 年 12 月の報告においては、1 年間で約 2 倍も増加していることが分かります。すなわち、無線資源を有効利用することが、さらに重要になっています。

このような状況を背景として、本検討会においては、昨年度の結果に基づき、WS 無線アクセスシステムの実用化に向けて、周波数共用条件等を明らかにし、必要な技術基準策定に資することを目的とした様々な実証実験を実施しました。本報告が、今後の情報通信システムを検討するにあたり、有益な情報を提供することができ、貴重な周波数の有効な共用の実現にお役に立つことを期待しております。

「ホワイトスペース活用による UHF 帯広帯域無線伝送システムのための

周波数共用条件等に関する調査検討会」

座長 尾家祐二 (九州工業大学 理事・副学長)

# 目次

## 巻頭言

第1章	調査検討会の目的と要求条件	1
1.1	調査検討会の目的	1
1.2	前提条件	1
1.3	WS無線アクセスの技術的要求条件	2
1.4	共用条件について	3
1.5	通信形態について	3
第2章	技術基準案の机上検討	5
2.1	机上検討項目	5
2.2	WS無線アクセスの技術基準案の検討	5
2.3	混信保護基準案の検討	19
第3章	実証試験	21
3.1	実証試験概要	21
3.2	工場試験	21
3.3	フィールド試験	39
3.4	公開試験	47
第4章	実証試験を踏まえた技術基準案の再検討	48
4.1	再検討項目	48
4.2	WS無線アクセスの技術基準等の再検討結果	48
第5章	まとめ	53
5.1	WS無線アクセスの技術基準案等のまとめ	53
5.2	WS無線アクセスの実用化のための課題等の検討	56
5.3	おわりに	59

## 《付属資料》

- 付属資料1： 開催要旨、開催要綱
- 付属資料2： 実証試験装置仕様
- 付属資料3： 実証試験結果
- 付属資料4： 用語解説

## 第1章 調査検討会の目的と要求条件

### 1.1 調査検討会の目的

平成23年度に実施した「ホワイトスペース活用によるUHF帯広帯域無線伝送システムに関する調査検討」では、地上デジタルテレビジョン放送のホワイトスペースを活用した無線アクセスシステム（以下、本報告書においては「WS無線アクセス」と称する。）について技術的検討や試作機における実証試験等を実施した。

その結果、従来の無線LAN等では、地形や建物によって電波が遮られて通信が難しくかった場所でも、WS無線アクセスを使用することにより通信が可能となる場合があり、通信エリアが大きく広がるなど、その有効性を実証した。

また、併せて、実用化に向けた今後の課題として、小型軽量で安価な装置の開発、伝送データの高速化及び、既存システムである地上デジタルテレビジョン放送との共用条件を明らかにすることが必須であり、与干渉に関する保護基準策定のための検討が必要であることを提言した。

本調査検討会では、WS無線アクセスの実用化のために必要な技術基準の策定および周波数共用条件等を明らかにするため、必要な実証試験の実施等を踏まえ検討を行う。

なお、WS無線アクセスに必要な技術基準の策定にあたっては、既に制度化されているフルセグ型エリア放送を行う地上一般放送局（以下、本報告書においては「エリア放送」と称する。）及び特定ラジオマイクに関する規定に準拠し検討することとするが、WS無線アクセスの特質およびホワイトスペースの有効活用と増大する通信トラフィック需要に対応するためWS無線アクセスの早期実用化と普及を目指し、国際動向も考慮しながら柔軟に検討することとする。

### 1.2 前提条件

本調査検討会で実施する検討内容の前提条件は以下の通りである。

- ・ 地上デジタルテレビジョン放送用周波数帯におけるホワイトスペースを活用する無線通信システムであること。
- ・ 広く普及し、かつ低価格である既存の2.4GHz帯無線LANシステムの技術を活用するシステムであること。
- ・ 既存システムである地上デジタルテレビジョン放送に対する混信を生じさせないこと。
- ・ 後日割り当てられる一次業務たる地上デジタルテレビジョン放送への混信を生じさせてはならず、周波数が既に割り当てられ、又は後日割り当てられる一次業務たる地上デジタルテレビジョン放送からの混信に対して、保護を要求してはならないこと。
- ・ ホワイトスペースを利用する他の無線システムの将来における発展的導入に配慮すること。

以上の前提条件を踏まえ、九州総合通信局が平成23年度に実施した「ホワイトスペース活用によるUHF帯広帯域無線伝送システムに関する調査検討会」報告書（平成24年3月）（以下、「平成23年度報告書」という。）において示されたシステムを想定し検討を行う。

### 1.3 WS 無線アクセスの技術的要求条件

#### (1) 使用周波数帯

周波数帯は、地上デジタルテレビジョン放送帯域である 470MHz～710MHz 帯 (UHF) のホワイトスペースを使用するものとする。

#### (2) 占有周波数帯幅

既存の 2.4GHz 帯無線 LAN システムの技術を活用するシステムであることから 5MHz 単位の占有周波数帯域を使用することを基本とし、併せて、中継回線として複数の利用者にブロードバンドを確保する必要性及び連続した 2 チャンネルのホワイトスペースが確保可能な市町村が全国で約 58%存在している（総務省調べ「チャンネルスペースマップ第 2 版」より）実態から、本調査検討会では、5MHz 以内の占有周波数帯幅を有する「5MHz システム」と 10MHz 以内の占有周波数帯幅を有する「10MHz システム」をモデルシステムとする。

なお、10MHz を使用する場合の中心周波数については、地上デジタルテレビジョン放送の各チャンネルの中心周波数とするか、二つのチャンネルの中間の周波数とするかを実証試験の結果等から、より効率的な周波数の使用となるよう検討を行う。

#### (3) 変調方式等

平成 23 年度調査検討会では変調方式 BPSK（伝送レート：1.5Mbps）により実施し基本的な通信試験を行った。

1.5 項に挙げる利活用アプリケーションを考慮して、MPEG-2 程度の動画を伝送しようとする 10Mbps 程度の伝送レートが必要である。この実現のためには、変調方式を 16QAM ないし 64QAM 方式の高効率の変調方式とする必要がある。

広く普及している既存の 2.4GHz 帯無線 LAN システムの変調方式を活用するシステムであることから、変調方式、符号化率等については、IEEE802.11 規格に準拠することとする。したがって、変調方式等は以下の表 1.3.1 のとおりとする。

表 1.3.1 変調方式等

多重化方式		OFDM							
		BPSK		QPSK		16QAM		64QAM	
変調方式		1/2	3/4	1/2	3/4	1/2	3/4	1/2	3/4
符号化率		1/2	3/4	1/2	3/4	1/2	3/4	1/2	3/4
伝送レート 〔Mbps〕	BW=10MHz	3	4.5	6	9	12	18	24	27
	BW= 5MHz	1.5	2.25	3	4.5	6	9	12	13.5

#### (4) 搬送波の変調スペクトル（送信スペクトルマスク）

地上デジタルテレビジョン放送のホワイトスペースにおいてエリア放送を行う地上一般放送局が既に制度化されていることから、送信スペクトルマスクについては、エリア放送に関する無線設備規則の規定に準拠した検討を行う。

(5) スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

地上デジタルテレビジョン放送のホワイトスペースにおいてエリア放送を行う  
地上一般放送局が既に制度化されていることから、スプリアス発射又は不要発射  
の強度の許容値については、エリア放送に関する無線設備規則の規定に準拠した検  
討を行う。

(6) 空中線電力及び空中線利得

平成 23 年度調査検討会では、実証試験を空中線電力 40mW (10mW/MHz) の試作機  
を使用して、実証試験場所（えびの市）において既存の 2.4GHz 帯無線 LAN と比較  
して面積で約 10 倍程度のエリアで通信が可能となるなど WS 無線アクセスの有効性  
を確認することができた。

さらに、(3) 項で述べた変調方式で半径 5km 程度の通信エリアを確保するために、  
WS 無線アクセスの空中線電力の増力等について検討する。

1.4 共用条件について

「ホワイトスペース利用システムの共用方針」において、ホワイトスペース利用シス  
テム間の割り当て上の優先順位の考え方が示されている。

WS無線アクセスと地上デジタルテレビジョン放送との共用条件については、「ホワ  
イトスペース利用システムの共用方針」を踏まえたうえで、エリア放送に関する無線設  
備規則および電波法関係審査基準並びに標準規格 (ARIB STD-B55) を基本に検討を行う。

ただし、放送システムと通信システム（無線LAN）の違いや、本システムの経済性、  
普及性を考慮して検討を行う。

1.5 通信形態について

平成 23 年度報告書における WS 無線アクセスの想定利活用アプリケーションは以下の  
とおりである。

(1) 地域の安心・安全・絆作り（テキスト・動画）

- ・ 独居老人見守りシステム
- ・ インターネットシステムサービス
- ・ 地域コミュニティ向け情報（巡回診療等）
- ・ 地域ワンセグ放送による観光情報の提供
- ・ 有害獣による森林・農作物被害対策

(2) 防災・災害情報収集、伝達（データ・動画）

- ・ ハザードマップ地域の災害状況監視（津波、土砂崩れ、洪水等監視）
- ・ 災害時に現場へ出動し災害対策室へ画像を送る
- ・ センサーネットワーク情報の伝送（氷雪、凍結、霜、河川水位等）
- ・ 災害時に携帯電話等不通時の緊急連絡手段
- ・ 災害時の避難所情報の収集、安否確認等
- ・ ブロードバンドを生かしまスメディアとの連携による情報提供

(3) 環境情報サービス（エネルギーグリッドと情報グリッドの統合）

- ・ 深山間部に設置された風車・ソーラー発電の動作監視、遠隔制御
- ・ 日照時間、降雨量等の情報伝達及び自動化システムを構築することにより遠隔で制御が可能（例：ビニールハウスの屋根開閉、スプリンクラーの開閉）

こうした、多様なシーンにおける利活用を可能とするために、ネットワークの形態としては、二つの地点間の対向通信のほか、基地－移動型や移動局同士での通信にも対応可能とする。また、広い地域をカバーするためのセル構成や移動局による中継にも対応できるものとする。

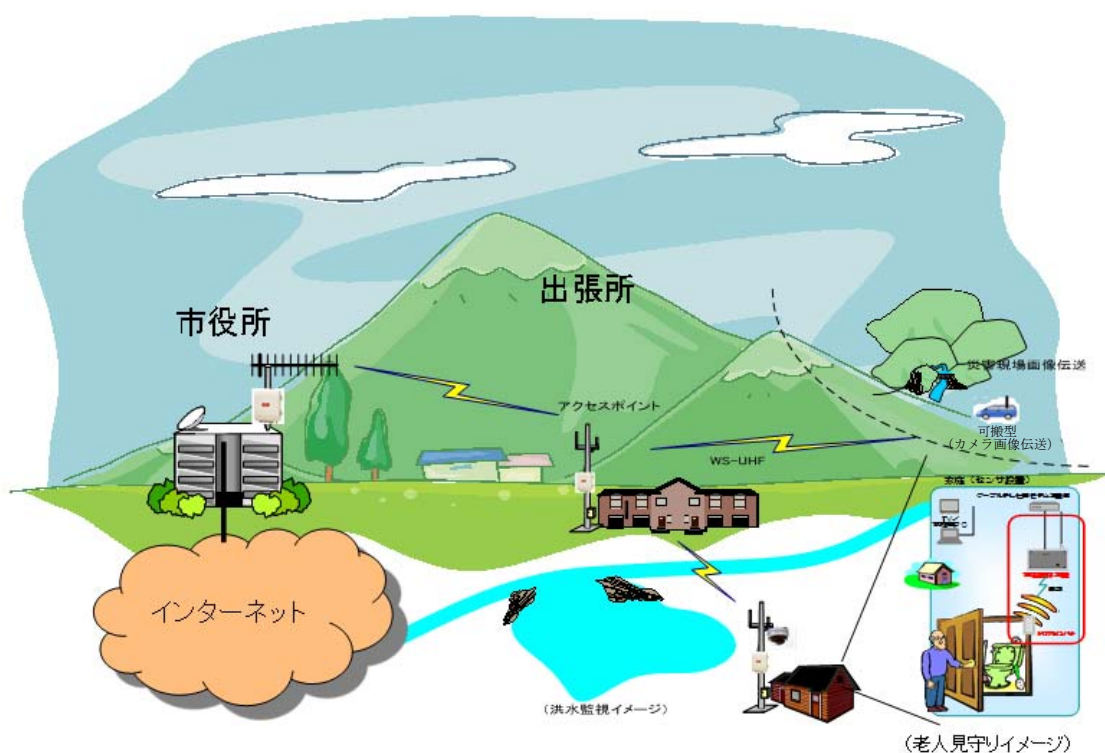


図 1.5.1 WS 無線アクセス利用サービスのイメージ例

## 第2章 技術基準案の机上検討

### 2.1 机上検討項目

本章では第1章で述べた本調査検討会の各要求条件を踏まえたWS無線アクセスの技術的要求条件及び地上デジタルテレビジョン放送との共用条件である混信保護基準について検討を行う。

なお、机上検討で結論に達しなかった項目については、実証試験を踏まえて結論を出すこととした。

### 2.2 WS無線アクセスの技術基準案の検討

#### (1) 占有周波数帯幅

##### ① 検討結果

地上デジタルテレビジョン放送及びエリア放送の占有周波数帯域幅は5.7MHzである。

本WS無線アクセスの占有周波数帯幅は、既存の2.4GHz帯無線LANの技術を活用するシステムであることから2.4GHz帯無線LANの占有周波数帯域幅とすることが適当である。モデルシステムごとの周波数利用形態における占有周波数帯幅を表2.2.1に示す。

表2.2.1 占有周波数帯幅

モデルシステムの種別	占有周波数帯幅
5MHzシステム	4.5MHz
10MHzシステム	9MHz

なお、チャンネル間隔は、地上デジタルテレビジョン放送の6MHz間隔の配列に準拠するものとする。

##### ② 検討内容

占有周波数帯域幅は、地上デジタルテレビジョン放送においては無線設備規則で99%のエネルギー帯域幅5.61MHzに余裕を加味し5.7MHzと規定されている。

また、ホワイトスペースを利用したエリア放送では地上デジタルテレビジョン放送と同じ方式を使用するとしている。

WS無線アクセスは、既存の2.4GHz帯無線LANをベースとしたシステムであるため、IEEE802.11gで規定される無線LANにおける占有周波数帯幅に準拠した帯域幅とし、5MHzシステムにおいて4.5MHz、10MHzシステムでは9MHzとすることが適当である。



したがってWS無線アクセスは、地上デジタルテレビジョン放送より帯域幅が狭いため変調波そのもののメインローブにより波及する漏えい電力による隣接、及び隣々接チャンネルへ与える干渉は少ないものと考えられる。

(2) 送信周波数（搬送波）

① 検討結果

地上デジタルテレビジョン放送、及びエリア放送の送信中心周波数は、チャンネルセンターから+1/7MHzシフトしている。

WS無線アクセスの5MHzシステムは、占有周波数帯幅が地上デジタルテレビジョン放送の1チャンネルに収まっており、地上デジタルテレビジョン放送と同様に、送信中心周波数はチャンネルセンターから+1/7MHzシフトさせることが適当である。

また10MHzシステムは、周波数の利用効率を考慮し地上デジタルテレビジョン放送の2チャンネル分の占有で済むように送信中心周波数をチャンネルとチャンネルの境から+1/7MHzさせることが適当である。（図2.2.4参照）

② 検討内容

地上デジタルテレビジョン放送の送信波の中心周波数は、奇数で構成されるOFDMキャリアの中心周波数である。

この中心周波数は、放送チャンネルのセンターより上側に1/7MHzシフトしており、上下の隣接チャンネルとの間隔はどちらも300kHzに保たれている。（図2.2.1）

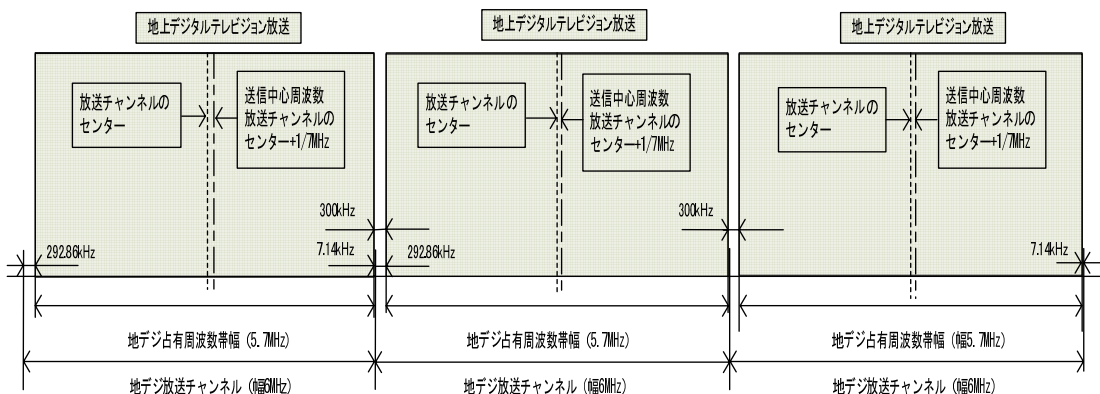


図2.2.1 地上デジタルテレビジョン放送のチャンネルスペクトル

WS無線アクセス（5MHzシステム）の送信中心周波数の検討において、チャンネルセンターから+1/7MHzシフトさせた場合、隣接する地上デジタルテレビジョン放送波との離隔間隔は同じ900kHzになる。（図2.2.2）

一方、中心送信周波数をチャンネルセンターと同一にした場合、隣接する地上デジタル放送波との離隔間隔は上側1042.86kHz、下側757.14kHzとなり、同一とならない。(図2.2.3)

従って、WS無線アクセスから上下の地上デジタルテレビジョン放送への与干渉を考慮した場合、送信中心周波数を+1/7MHzシフトした方が、上下とも最低900kHz(地上デジタルテレビジョン放送間隔の3倍)確保できるため安全性が高い。

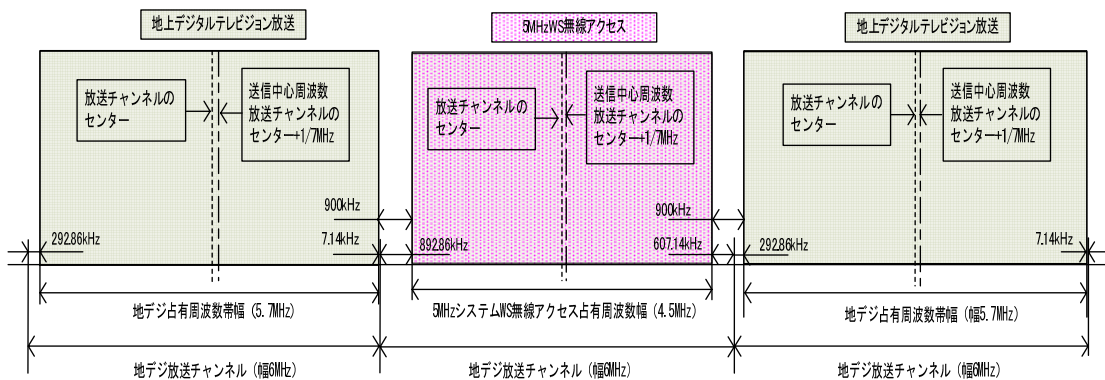


図2.2.2 WS無線アクセス(5MHzシステム)の送信中心周波数検討(1)

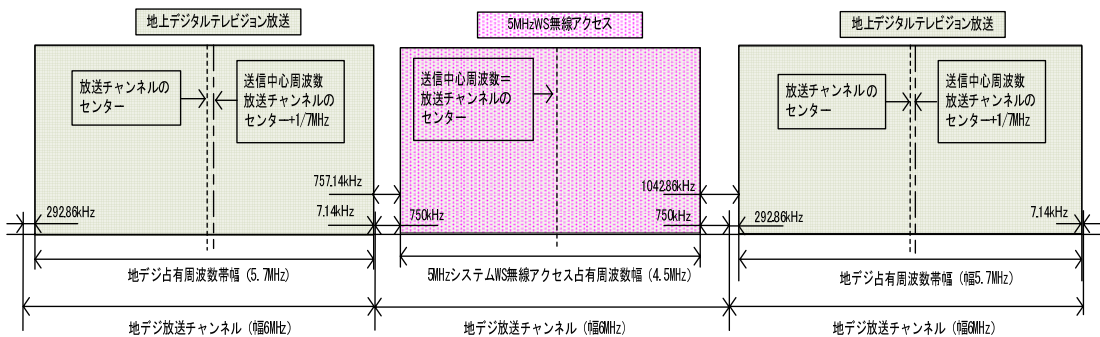


図2.2.3 WS無線アクセス(5MHzシステム)の送信中心周波数検討(2)

WS無線アクセス(10MHzシステム)の送信中心周波数の検討において、チャンネルの境から+1/7MHzシフトさせた場合、地上デジタルテレビジョン放送チャンネルの2チャンネル内に配置可能であり、隣接する上下の地上デジタルテレビジョン放送波との離隔間隔も同じ1.65MHzになる。(図2.2.4)

5MHzシステムでの検討と同様に、+1/7MHzシフトさせ上下の離隔間隔を同一とする方式が地上デジタルテレビジョン放送への与干渉対策では優れている。

なお送信中心周波数をチャンネルセンターから+1/7MHzシフトした場合、地上波デジタルテレビジョン放送の3チャンネルを使用することとなりチャンネルの利用効率から適当でない。(図2.2.5)

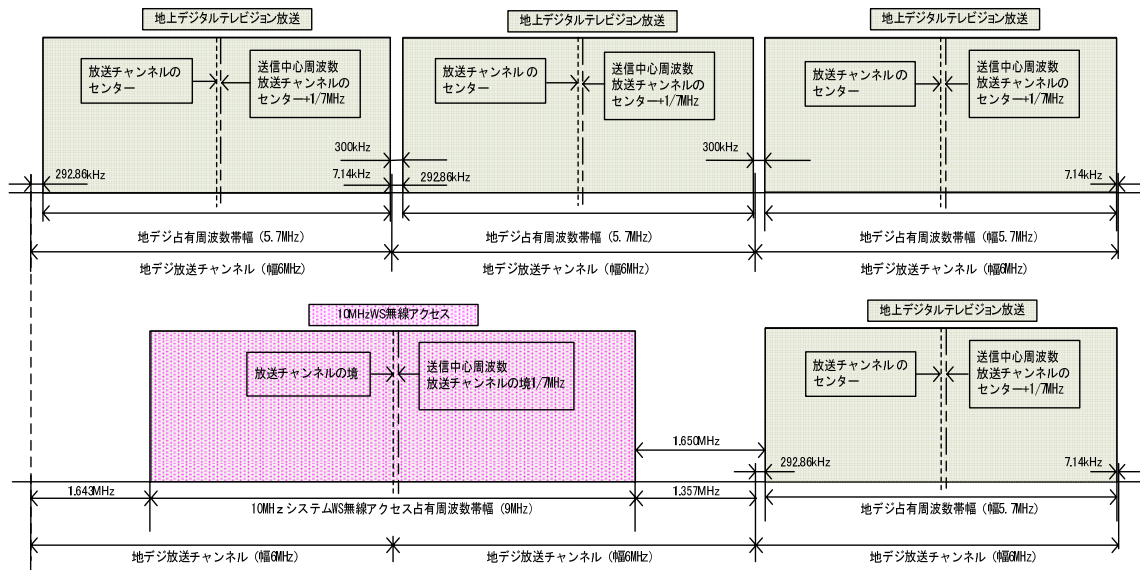


図2.2.4 WS無線アクセス（10MHzシステム）の送信中心周波数検討（1）

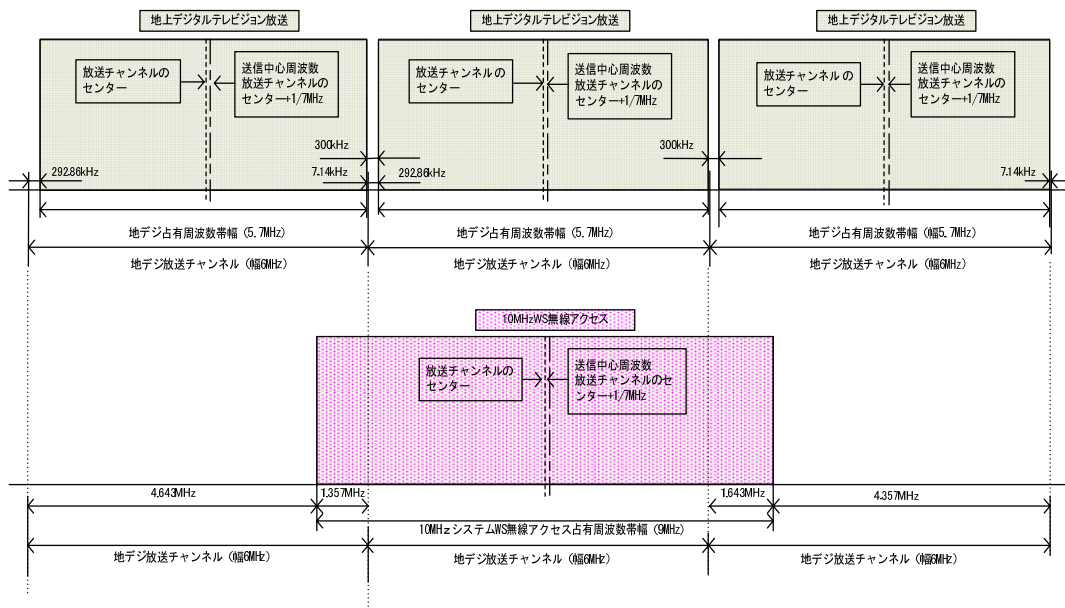


図2.2.5 WS無線アクセス（10MHzシステム）の送信中心周波数検討（2）

### (3) 送信周波数の許容偏差

#### ① 検討結果

送信周波数の許容偏差については、エリア放送に関する無線設備規則の規定が放送局である厳格な規定となっており、これを適用することが困難であるため、通信システムである特定ラジオマイクに関する無線設備規則の規定や小電力データ通信システム（以下、本報告書においては「無線LAN」と称する）に関する規定が適用できないか実証試験を踏まえた検討が必要である。

【検討結果は第4章参照。】

② 検討内容

ホワイトスペース利用システムとして、既に制度化されているエリア放送システム及び特定ラジオマイクの無線設備規則の規定に加え、無線LANに関する無線設備規則の規定を参考に検討することが、適当と思慮される。(表2.2.2参照)

但し、エリア放送に関する無線設備規則の規定については、放送局であるため非常に厳格な規定となっており、本システムの普及を考えた場合、これを適用することは困難と考えられる。

地上デジタルテレビジョン放送へ混信を生じさせないことを前提に、実証試験等を通じ慎重に検討する必要がある。

表2.2.2 送信周波数の許容偏差 (無線設備規則 別表第1号抜粋)

無線局の種別	規定
エリア放送を行う 地上一般放送局	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 複数送信機で SFN を構成する場合 ±1Hz ただし、電波の能率的な利用を著しく阻害するものではないと総務大臣が特に認めたものは、±500Hz</li> <li>・ 複数送信機で SFN を構成しない場合 空中線電力が 50mW を超えるものは、±1Hz ただし、電波の能率的な利用を著しく阻害するものではないと総務大臣が特に認めたものは、±500Hz 空中線電力が 50[mW/13seg] 以下のものは±20kHz</li> </ul>
特定ラジオマイクの 陸上移動局	$\pm 20 \times 10^{-6}$
小電力データ通信システムの 無線局 (無線LAN)	$\pm 50 \times 10^{-6}$

(4) 空中線電力と送信空中線の絶対利得

① 検討結果

空中線電力については、エリア放送に関する無線設備規則の規定に準拠して130mW/ch以下とすることが適当である。

また、同様に、送信空中線の絶対利得は2.14dB以下とし、等価等方輻射電力が絶対利得2.14dBの空中線に本項に規定する空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を空中線の利得で補うことができるものとするのが適当である。

② 検討内容

16QAM や 64QAM などの高効率の変調方式を実現するためには空中線電力の増力等を検討する必要がある。

同様にエリア放送に関する無線設備規則の規定では、最大 130mW までとしていることや、高効率の変調方式により半径 5km 以上の通信エリアの確保を考慮する必要がある。

以上のことから WS 無線アクセスは、エリア放送に関する無線設備規則の規定である最大空中線電力 130mW を適用することが適当である。

また、同様に、地形的な理由から指向性空中線の利用が必要な場合も考慮し、エリア放送に関する無線設備規則の規定に準拠し、送信空中線の絶対利得は 2.14dB 以下とし、等価等方輻射電力が絶対利得 2.14dB の空中線に本項に規定する空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を空中線の利得で補うことができるものとするのが適当である。

(5) 空中線電力の許容偏差

① 検討結果

空中線電力の許容偏差については、エリア放送に関する無線設備規則の規定が放送局であるため厳格な規定となっており、これを適用することが困難であるため、通信システムである特定ラジオマイクや無線 LAN に関する無線設備規則の規定が適用できないか実証試験を踏まえた検討が必要である。

【検討結果は第 4 章参照】

② 検討内容

許容偏差については、エリア放送に関する無線設備規則の規定については放送局であるため、上限+10%、下限-20%と厳格な規定となっており、本システムの普及を考えた場合、これを適用することは困難と考えられる。

地上デジタルテレビジョン放送へ混信を生じさせないことを前提に、実証試験等を通じ慎重に検討する必要がある。

(6) スプリアス発射または不要発射の強度の許容値

① 検討結果

スプリアス発射または不要発射の強度の許容値は、エリア放送に関する無線設備規則の規定をそのまま適用することは困難と想定されるため実証試験を踏まえた検討が必要である。

【検討結果は第 4 章参照】

② 検討内容

既存の2.4GHz帯無線LANシステムをベースにしたWS無線アクセスでは、エリア放送に関する無線設備規則に規定される「 $f_c+15\text{MHz}$ を超える又は $f_c-15\text{MHz}$ 以下の周波数のスプリアス領域における不要発射の強度の許容値は、 $0.01\text{nW}$ 以下」については満足できないものと想定される。この基準を満足させる対策として、BPFを挿入する方法が考えられるが、特殊なBPFとなり高いコストがかかることが避けられず、普及面から有効な手段とはなり得ない。

(7) 送信スペクトルマスク

① 検討結果

送信スペクトルマスクは、エリア放送に関する無線設備規則に規定されている送信スペクトルマスクをそのまま適用することは困難と想定されるため、実証試験を踏まえた検討が必要である。【検討結果は第4章参照】

② 検討内容

送信スペクトルマスクについては、既存のホワイトスペース利用システムであるエリア放送に関する無線設備規則および標準規格（ARIB STD-B55）に規定される送信スペクトルマスクを検討のベースとし、昨年度の調査検討会において既存の2.4GHz無線LANシステムをベースに試作したWS無線アクセスに適用可能かどうかの検討を行った。

a) エリア放送に関する無線設備規則で規定している送信スペクトルマスクは以下の図 2.2.6及び表 2.2.4-1に示すとおりである。

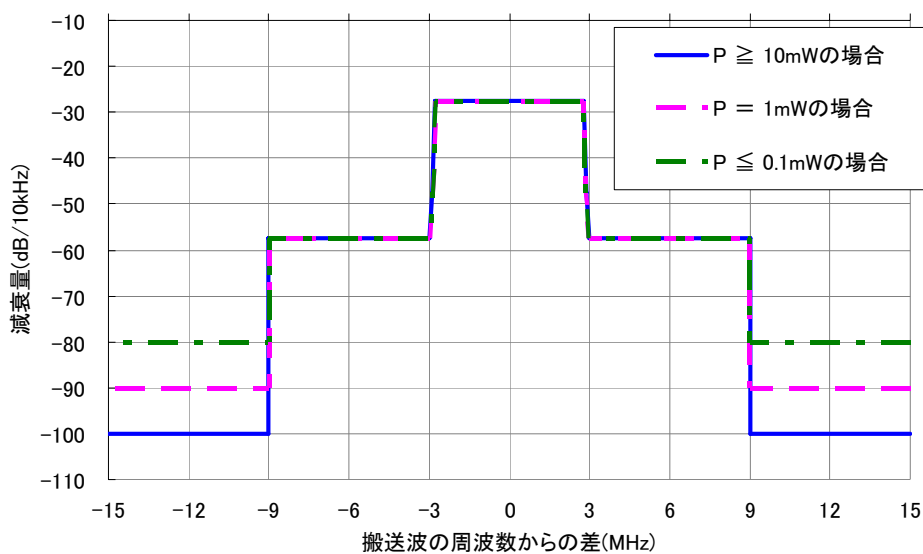


図 2.2.6 フルセグ型の送信スペクトルマスク

表 2.2.4-1 送信スペクトルマスクのブレイクポイント

搬送波の周波数からの差	平均電力 P からの減衰量			備考 規定の種類
	P ≥ 10mW の場合	P = 1mW の場合	P ≤ 0.1mW の場合	
±2.79MHz	-27.4 dB/10kHz	-27.4 dB/10kHz	-27.4 dB/10kHz	上限
±2.86MHz	-47.4 dB/10kHz	-47.4 dB/10kHz	-47.4 dB/10kHz	上限
±3.00MHz	-57.4 dB/10kHz	-57.4 dB/10kHz	-57.4 dB/10kHz	上限
±9.00MHz	-57.4 dB/10kHz	-57.4 dB/10kHz	-57.4 dB/10kHz	上限
±9.00MHz	-100.0 dB/10kHz	-90.0 dB/10kHz <sup>*1</sup>	-80.0 dB/10kHz	上限

\*1 空中線の平均電力P (mW) が0.1mWを超え10mW未満の無線設備にあつては、 $-(90+10\log P)$  dB/10kHzとする。

また、エリア放送に関する無線設備規則で規定している送信スペクトルマスクについては、標準規格 (ARIB STD-B55) で以下のとおり解説されている。

「標準規格 (ARIB STD-B55) での解説」

6MHz 帯域内は、地上デジタルテレビジョン放送の送信スペクトルマスクとほぼ同じとする。厳密には、±3.00MHz は地上デジタルテレビジョン放送システムでは-27dB であるが、地上デジタル音声放送システムでは±2.93MHz で-30dB であり、フルセグ型では±3.00MHz で-30dB とした。

隣々接チャンネル (±9.00MHz～±15.00MHz) に関しては、干渉検討の受信モデル (参考 1 参照) において  $I/N=-10\text{dB}$  となる値とする。つまり、実効輻射電力=10mW、離隔距離 40m のとき、エリア放送の受信電界強度は  $84.9\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 、一方、 $I/N=-10\text{dB}$  となる干渉信号の電界強度は  $12.3\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$  (表 4-2 参照) であるから、 $84.9-12.3=72.6\text{dB}$  減衰させる必要がある。

隣接チャンネル (±3.00MHz～±9.00MHz) に関しては、隣々接チャンネルと同様の考えで  $I/N=-10\text{dB}$  とすると、極めて厳しい送信スペクトルマスクとなる。

そこで、隣接チャンネルは利用しないことを前提とし、実現可能な送信スペクトルマスクとするため、隣接チャンネルに相当する周波数帯の相対レベルは±3.00MHz の値である -30dB フラットなマスクとした。

平均電力が 10mW 以上の場合、10mW の送信スペクトルマスクを用いる。このとき、実効輻射電力に応じて離隔距離を拡大する。たとえば、50mW の場合は、離隔距離を 90m とし、エリア放送の送信局からの電波により影響を受ける地上デジタルテレビジョン放送の受信システムが存在しないことを確認する。



表 2.2.4-2 エリア放送の許容干渉波電界強度

(干渉基準 I/N=-10dB、地デジ受信システム：ブースターあり、受信機雑音指数 3.3dB)

	項目	単位	備考	周波数 (MHz)		
				470	671 (45ch)	710
①	受信機雑音指数	dB	3.3 (答申)	3.3	3.3	3.3
②	雑音帯域幅	kHz		5600	5600	5600
③	受信機雑音電力	dBm	kTB+①	-103.0	-103.0	-103.0
④	外来雑音電力	dBm	答申	-102.7	-106.6	-108.1
⑤	全受信雑音電力	dBm		-99.9	-101.5	-101.9
⑥	許容 I/N	dB	-10	-10	-10	-10
⑦	干渉波受信電力	dBm	⑤+⑥	-109.9	-111.5	-111.9
⑧	受信機入力終端電圧 (終端)	dB $\mu$ V	⑦+108.8	-1.1	-2.7	-3.1
⑨	受信機アンテナ利得	dBd	答申	8.0	10.0	10.0
⑩	アンテナ実効長	dB		-13.8	-16.9	-17.4
⑪	フィーダー損	dB	答申	2.0	2.0	2.0
⑫	許容干渉波電界強度	dB $\mu$ V/m	⑧+6-⑨-⑩+⑪	12.8	12.3	12.4
⑬	10kHz あたりの許容 干渉波電界強度	dB $\mu$ V/m /MHz	⑫- 10log(5600/10)	-14.7	-15.2	-15.1
⑭	10kHz あたりの許容 干渉波受信電力	dBm/MHz	⑦- 10log(5600/10)	-137.3	-138.9	-139.3

以上を前提とした、隣接チャンネルを利用しないとする条件は、次のような条件が満たされることにより、実現される。

●隣接チャンネルに関する条件

フルセグ型の隣接チャンネルへの不要発射が I/N=-10dB 以下を満足できないエリア (フルセグ型の隣接チャンネルの電界強度が 12.3dB $\mu$ V/m 以上) に、その隣接チャンネルを使用した地上デジタルテレビジョン放送の電波を受信する世帯が存在する場合は使用できない。

●隣接チャンネルで I/N が満足する範囲

隣接チャンネル ( $\pm 3.00\text{MHz} \sim \pm 9.00\text{MHz}$ ) における送信スペクトルマスクの相対レベルを -30dB とすると、干渉波実効輻射電力=10mW の隣接チャンネルは、最悪で干渉波実効輻射電力=10 $\mu$ W の同一チャンネル干渉に相当する。この干渉波が I/N=-10dB (干渉波の電界強度 12.3dB $\mu$ V/m (@671MHz)) となる離隔距離は約 5.4km であり、この範囲内 (エリア放送の電界強度が 42.3dB $\mu$ V/m 以上 (隣接チャンネルで 12.3dB $\mu$ V/m 以上)、半径約 5.4km 以内) に隣接チャンネルの地上デジタルテレビジョン放送の電波を受信している世帯がある場合は隣接チャンネル干渉妨害となる可能性がある。



また、干渉波実効輻射電力=50mW の場合、隣接チャンネルの送信電力は、最悪で  $50\mu\text{W}$  の同一チャンネル干渉に相当する。この干渉波が  $I/N=-10\text{dB}$  (干渉波の電界強度  $12.3\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}(@671\text{MHz})$ ) となる離隔距離は約  $12.0\text{km}$  となる。

さらに、干渉波実効輻射電力=130mW の場合、隣接チャンネルの送信電力は、最悪で  $130\mu\text{W}$  の同一チャンネル干渉に相当する。この干渉波が  $I/N=-10\text{dB}$  (干渉波の電界強度  $12.3\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}(@671\text{MHz})$ ) となる離隔距離は約  $19.4\text{km}$  となる。

#### ●隣々接チャンネルに関する条件

フルセグ型の隣々接チャンネルへの不要発射が  $I/N=-10\text{dB}$  以下を満足できないエリア (エリア放送の隣々接チャンネルの電界強度が  $12.3\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$  以上) に、その隣々接チャンネルを使用した地上デジタルテレビジョン放送の電波を受信する世帯が存在する場合は使用できない。(実効輻射電力が  $10\text{mW}$  出力以下の場合、離隔距離  $40\text{m}$ )

#### (参考1) 受信モデルと地上デジタルテレビジョン放送の受信ブースター障害の防止

エリア放送の受信モデルを図 2.2.7 に示す。エリア放送の送信電力は、地上デジタルテレビジョン放送に比べると小さいが、受信者の近傍で電波発射すると、地上デジタルテレビジョン放送より大きな電力として受信する場合がある。受信者はブースターを使用している場合があり、エリア放送の電波が地上デジタルテレビジョン放送より強電界で混入することに配慮が必要である。

ブースターを設置して地上デジタルテレビジョン放送を受信している場合は、エリア放送から混入する電波によりブースターが定格出力以上のレベルを出力しないように、エリア放送から混入する電波を抑え込む必要がある。このため、地上デジタルテレビジョン放送の受信アンテナの最大利得の方向にエリア放送送信機がある場合、エリア放送送信機が発射する電波をフルセグ型で実効輻射電力= $10\text{mW}$  とした場合は、エリア放送の送信アンテナから地上デジタルテレビジョン放送の受信アンテナまで  $40\text{m}$  の離隔距離を設ける必要があり、フルセグ型で実効輻射電力= $130\text{mW}$  とした場合は、同様の評価により  $150\text{m}$  の離隔距離を設ける必要がある。

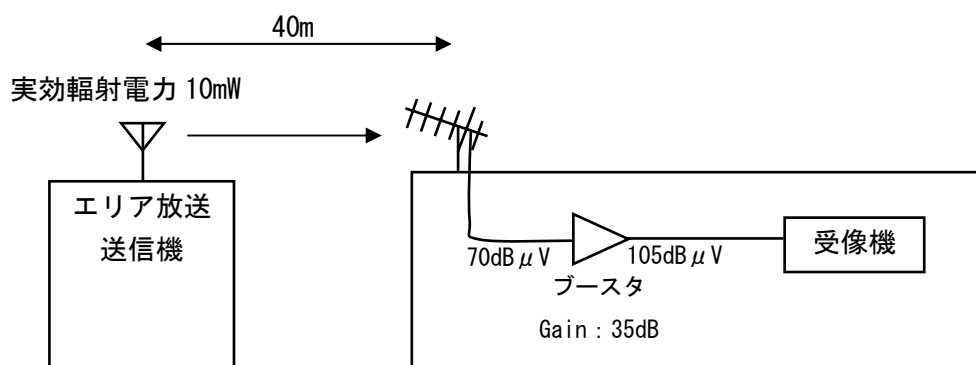


図 2.2.7 エリア放送の受信モデル図

地上デジタルテレビジョン放送の受信系において用いるブースターの最大定格出力が 105 dB $\mu$ V、利得 35dB の機器を用いた場合の最大許容入力レベルは 70dB $\mu$ V となる。

エリア放送送信機が発射する電波を実効輻射電力=10mW とした場合、40m 離れた場所での受信電界強度は 84.9dB $\mu$ V/m となり、ブースター入力の入力電圧は 70dB $\mu$ V となる。これらを表 2.2.4-3 に示す。

表 2.2.4-3 エリア放送の受信モデル

	項目	単位	備考	周波数 (MHz)		
				470	671 (45ch)	710
①	送信機出力 (実効輻射電力)	dBm	10mW/13seg 出力 と設定	10	10	10
②	回線距離	m		40	40	40
③	受信電界強度	dB $\mu$ V/m	$20 \log (7 \times \sqrt{(GP \times E+06)} / d (km))$	84.9	84.9	84.9
④	受信アンテナ利得	dBd	答申	8.0	10.0	10.0
⑤	アンテナ実効長	dB		-13.8	-16.9	-17.4
⑥	フィーダー損	dB	答申	2.0	2.0	2.0
⑦	終端補正值	dB		-6.0	-6.0	-6.0
⑧	ブースター入力電圧	dB $\mu$ V	③+④+⑤-⑥+⑦	71.1	70.0	69.5
⑨	ブースター入力電力	dBm	⑧-108.8	-37.7	-38.8	-39.3

(参考2) 隣接チャンネルで I/N が満足する範囲

実効輻射電力が 10mW の場合、干渉検討の受信モデルより I/N=-10dB となる離隔距離は 40m であり、この範囲内 (エリア放送の電界強度が 84.9dB $\mu$ V/m 以上 (隣接チャンネルで 12.3dB $\mu$ V/m 以上)、半径約 40m 以内) に隣接チャンネルの地上デジタルテレビジョン放送の電波を受信している世帯がある場合は隣接チャンネル干渉妨害となる可能性がある。また、50mW の場合、受信モデルより I/N=-10dB となる離隔距離は 90m となる。

これらより、隣接チャンネルで I/N を満足させれば、隣接チャンネル I/N の条件も満足させることになる。

よって、実効輻射電力=10mW 出力以下の場合、エリア放送の送信点から半径約 5.4km 以内に、実効輻射電力=50mW 出力以下の場合、半径約 12.0km 以内に、実効輻射電力=130mW 出力以下の場合、半径 19.4km 以内に隣接チャンネルの地上デジタルテレビジョン放送の電波を受信している世帯がある場合は、隣接チャンネル干渉妨害となる可能性があるため、フルセグ型として希望したチャンネルは使用できない。

————— 「標準規格 (ARIB STD-B55) での解説はここまで」 —————

- b) エリア放送の送信スペクトルマスクのWS無線アクセスへの準用の前提条件  
 エリア放送の占有周波数帯幅5.7MHzに対し、WS無線アクセスは5MHzシステムでは4.5MHzであるため、WS無線アクセスの許容干渉波電界強度について再計算を行った。その結果を表2.3.3に示す。

表2.3.3 WS無線アクセスの許容干渉波電界強度

(干渉基準 I/N=-10dB、地上デジタルテレビジョン放送受信システム：ブースタあり、受信機NF3.3dB)

	項目	単位	備考	周波数 (MHz)		
				470	671 (45ch)	710
①	受信機雑音指数	dB	3.3 (答申)	3.3	3.3	3.3
②	雑音帯域幅	kHz		4500	4500	4500
③	受信機雑音電力	dBm	kTB+①	-104	-104	-104
④	外来雑音電力	dBm	答申	-102.7	-106.6	-108.1
⑤	全受信雑音電力	dBm		-100.3	-102.1	-102.6
⑥	許容 I/N	dB	-10	-10	-10	-10
⑦	干渉波受信電力	dBm	⑤+⑥	-110.3	-112.1	-112.6
⑧	受信機入力終端電圧	dB $\mu$ V	⑦+108.8	-1.5	-3.3	-3.8
⑨	受信機アンテナ利得	dBd	答申	8	10	10
⑩	アンテナ実効長	dB		-13.8	-16.9	-17.4
⑪	フィーダー損	dB	答申	2	2	2
⑫	許容干渉波電界強度	dB $\mu$ V/m	⑧+⑥-⑨-⑩+⑪	12.3	11.6	11.6
⑬	10kHzあたりの 許容干渉波電界強度	dB $\mu$ V/m /MHz	⑫ -10log(4500/10)	-14.2	-14.9	-14.9
⑭	10kHzあたりの 許容干渉波受信電力	dBm/MHz	⑦ -10log(4500/10)	-136.8	-138.6	-139.1

この結果、エリア放送の許容干渉波電界強度12.3dB $\mu$ V/mについては、WS無線アクセス（5MHzシステム）では11.6 dB $\mu$ V/mに読みかえる必要があるが、いずれにしろ、隣接チャンネルは極めて厳しい送信スペクトルマスクとなるため、隣接チャンネルを利用しない前提として、かつ、隣接チャンネルを利用しないとする条件に関しても準用しなければならない。

c) WS無線アクセスのスペクトルマスクの検討

昨年度の調査検討会では、既存の2.4GHz帯無線LANシステムをベースにWS無線アクセスの試作を行っている。この送信出力の再調整を行い、5MHzシステムは93mWへ、10Mシステムは171mWへ増力した。増力前と増力後のスペクトルマスクを比較測定した。5MHzシステムの送信スペクトルを図2.2.8に、10MHzシステムの送信スペクトルを図2.2.9に示す。この場合のキャリア変調方式はスペクトルエネルギー密度が高い64QAMである。このスペクトルに、図2.2.6で示したフルセグ型エリア放送の送信スペクトルマスク（平均電力 $P \geq 10\text{mW}$ の場合）を白色で加えた。

なお10MHzシステムについては、エリア放送に規定がないため、ピーク値を2チャンネル分の $\pm 6\text{MHz}$ とし、隣接及び隣々接チャンネルの部分についてはエリア放送の送信スペクトルマスク（平均電力 $P \geq 10\text{mW}$ の場合）の規定とした。ピーク値からの減衰量の規定値は以下のとおりである。

- ・ 5MHzシステム :  $\pm 3\text{MHz}$  -30dB、 $\pm 9\text{MHz}$  -72.6dB
- ・ 10MHzシステム :  $\pm 6\text{MHz}$  -30dB、 $\pm 12\text{MHz}$  -72.6dB

図2.2.8に示す5MHzシステムのスペクトルは、送信出力を増力した場合に電力増幅部 (PA) の歪により若干の劣化が見られたがエリア放送に関する無線設備規則に規定される送信スペクトルマスクを満足している。

また、中心周波数から $\pm 9\text{MHz}$ 以上の領域においては、ノイズフロアがエリア放送に関する無線設備規則の規定を約10dBオーバーしている。

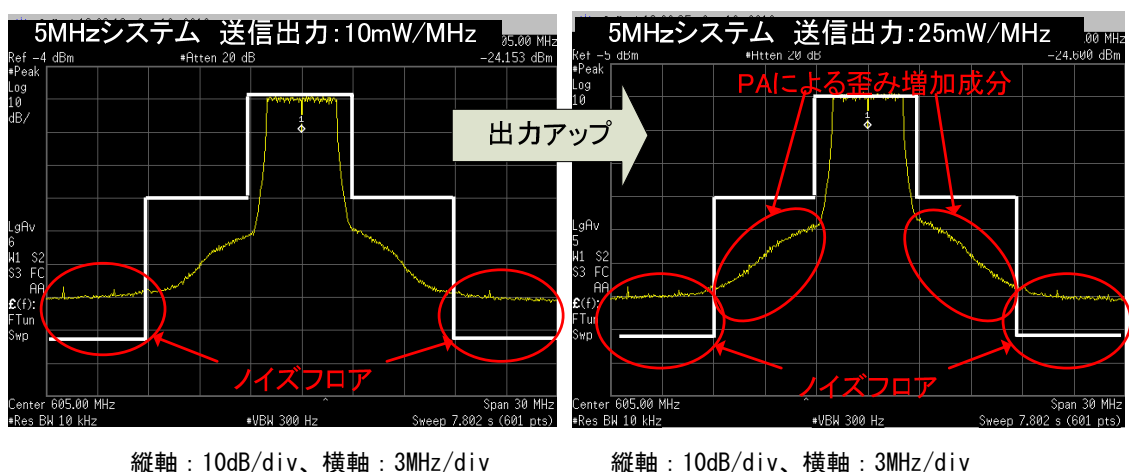
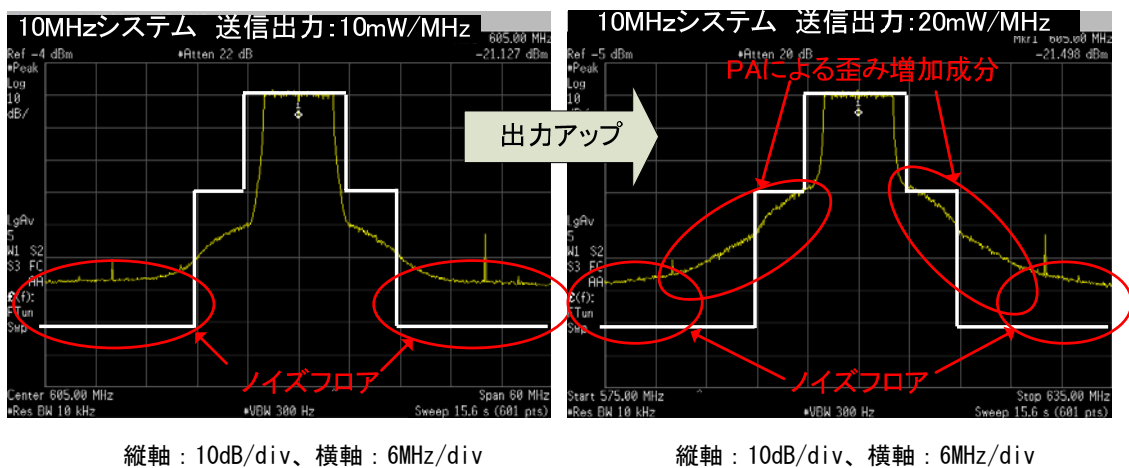


図2.2.8 5MHzシステム 出力アップスペクトルマスク特性 (64QAM)

図2. 2. 9に示す10MHzシステムのスペクトルは、送信出力を増力した場合に電力増幅部による歪により約10dB劣化した。

また中心周波数から±12MHz以上の領域においては、ノイズフロアがエリア放送に関する無線設備規則の規定を20dB~30dBオーバーしている。

この送信スペクトルマスクをエリア放送に関する無線設備規則の規定に準拠するように改善するためにはBPFを挿入する必要があるが、挿入するBPFの必要条件としては、5MHzシステムでは±9MHz以上の帯域で20dB以上減衰させるとともに挿入損失は極力低くなくてはならず、非常に高額となることが想定され普及面から有効な手段とはなり得ない。10MHzシステムでのBPF挿入による対策については、高コストにはなるが、5MHzシステムのBPFと比べると安価で小型化できるため慎重に検討する必要がある。



縦軸：10dB/div、横軸：6MHz/div

縦軸：10dB/div、横軸：6MHz/div

図2. 2. 9 10MHzシステム 出力アップスペクトルマスク特性 (64QAM)

(8) 副次的に発する電波等の限度(受信設備)

① 検討結果

受信設備が副次的に発する電波等の限度については、特定ラジオマイクに関する無線設備規則の規定である4nWを適用とすることが適当である。

② 検討内容

無線LANの規格であるIEEE802. 11gにおいては「1GHz未満では4nW以下、1GHz以上では20nW以下」と規定されている。

一方、特定ラジオマイクに関する無線設備規則においては4nW以下と規定されている。

WS 無線アクセスはホワイトスペースでの利用であり、他システムへの影響を考慮して、特定ラジオマイクの規定を適用し、4nW以下とすることが適当である。

## 2.3 混信保護基準案の検討

混信保護基準については、ホワイトスペース利用システムとして既に制度化されているエリア放送に関する電波法関係審査基準の規定及びITU-R 勧告案（ITU-R Rec. BT. 1895「地上放送システムの保護基準」）を参考に検討する。

### (1) 同一チャンネル干渉（帯域内干渉）の混信保護基準

ITU-R勧告案では、放送の保護を目的に、一次業務同士（Co-Primary）の場合の保護基準は、単位帯域幅あたりの干渉波電力対雑音電力比 $I/N$ が $-10\text{dB}$ を上回らないこととしており、上記以外に対する保護基準は $I/N$ が $-20\text{dB}$ を上回らないこととされている。これは、隣接チャンネルに対しても同様である。

WS無線アクセスは、一次業務以外であることからその保護基準については、 $I/N=-20\text{dB}$ と規定されているが、エリア放送や特定ラジオマイクと同様に、WS無線アクセスが免許で管理されることを考慮し、同一チャンネルの保護基準はエリア放送や特定ラジオマイクに関する電波法関係審査基準の規定と同様に $I/N=-10\text{dB}$ とすることが適当である。なお、単位帯域幅は $10\text{kHz}$ とする。

図2.3.2に同一チャンネル干渉イメージを示す。

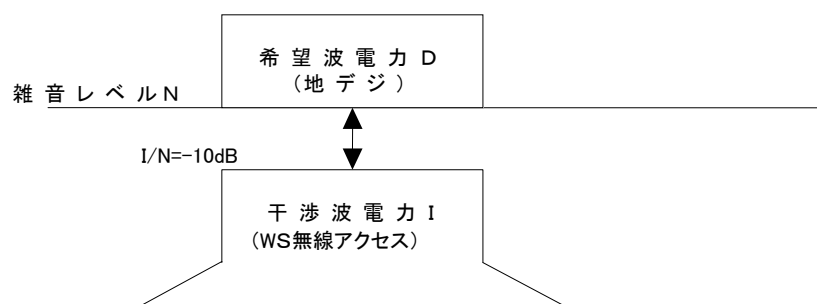


図 2.3.2 同一チャンネル干渉イメージ

### (2) 隣接・隣々接チャンネル干渉（帯域内干渉）の混信保護基準

WS無線アクセスの不要発射（帯域外発射およびスプリアス発射）が、地上デジタルテレビジョン放送（希望波）の帯域内に干渉する可能性があり、その混信保護基準は、同一チャンネル干渉の場合の帯域内干渉と同様、 $I/N = -10\text{dB}$ とする。

なお、マスクの検討の際、実効輻射電力 $=10\text{mW}$ 、離隔距離 $=40\text{m}$ として、帯域内レベルと隣々接の帯域外レベル（ $I/N=-10\text{dB}$ ）を規定した。よってWS無線アクセスの最大出力（実効輻射電力）が $10\text{mW}$ であれば、地上デジタルテレビジョン放送（希望波）の帯域内干渉レベルは、 $I/N=-10\text{dB}$ を満足するはずであり、隣々接チャンネル干渉（帯域外干渉）の混信保護基準のみ満足すればよい。

図2.3.3に、隣接チャンネル干渉のイメージを、図2.3.4に隣々接チャンネル干渉のイメージを、それぞれ示す。

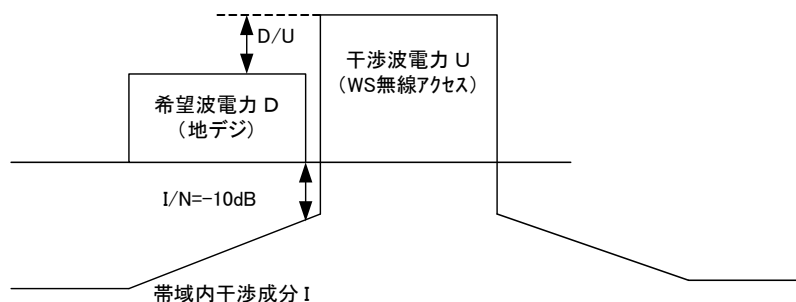


図2.3.3 隣接チャンネル干渉イメージ

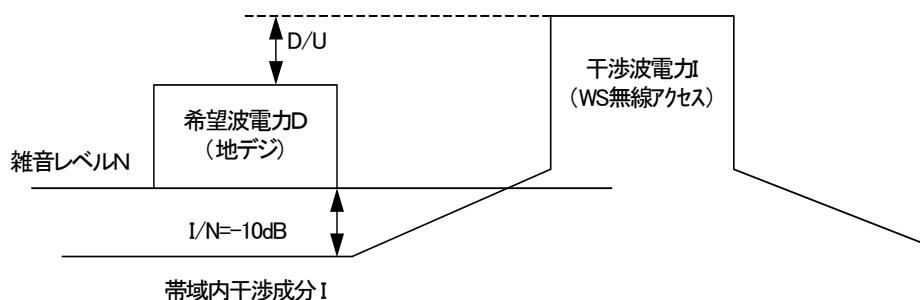


図2.3.4 隣々接チャンネル干渉イメージ

- (3) 隣接・隣々接チャンネル干渉（帯域外干渉）の混信保護基準  
 電波法関係審査基準では、地上デジタルテレビジョン放送間の混信保護比（ビット誤り率が $2 \times 10^{-4}$ （内符号訂正後の誤り率）となるDU比）については、表2.3.2のとおり規定されている。

表2.3.2 地上デジタルテレビジョン放送間の隣接干渉波D/U

希望波	妨害波	周波数差	混信保護比
デジタル放送	デジタル放送	上隣接（妨害波が上側）	-29dB
		下隣接（妨害波が下側）	-26dB

WS無線アクセスから地上デジタルテレビジョン放送への隣接チャンネル干渉の混信保護基準は、地上デジタルテレビジョン放送間の混信保護比と同値となるか実証試験を踏まえ検討する必要がある。また、隣々接チャンネル以上離れた場合の干渉の混信保護基準は、隣接チャンネル干渉の混信保護比と同値となるか実証試験を踏まえ検討する必要がある。

【検討結果は第4章参照】

## 第3章 実証試験

### 3.1 実証試験概要

第2章で机上検討を行ったWS無線アクセスの技術的条件と混信保護基準等周波数共要条件について工場試験を実施し基本的な項目について検証を行う。

工場試験の結果を踏まえてフィールド試験を実施し実環境での評価試験を行う。

また、フィールド試験の一部について一般公開を行い本調査検討会の成果を検証する。

### 3.2 工場試験

#### 3.2.1 WS無線アクセスの技術的条件

平成23年度に試作を行ったWS無線アクセスについて再調整および評価試験を実施し、机上検討結果の検証を行った。主な再調整および検証項目は、以下の3項目である。

- ・ 送信出力のアップおよびスペクトルマスクの評価
- ・ 変調方式をQPSK、BPSKに加え16QAM、64QAMについて評価
- ・ 10MHzシステムの評価

##### 3.2.1.1 測定系統図および測定方法

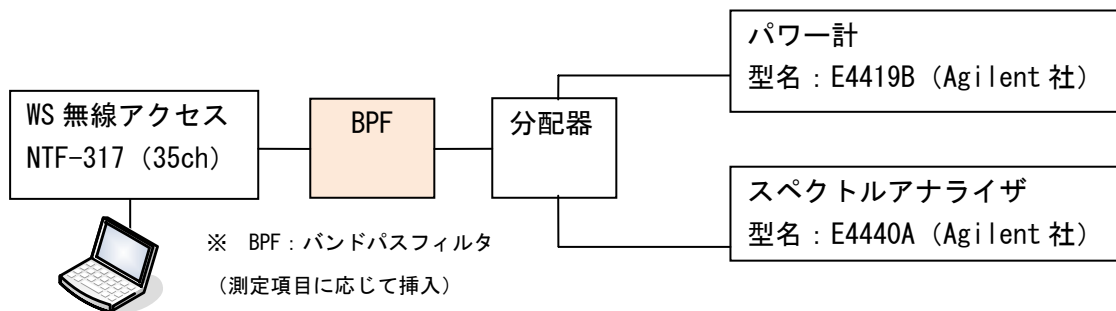


図 3.2.1 測定系統図

- ・ 送信出力、送信スペクトルマスクの測定を行う。
- ・ バンドパスフィルタを挿入し送信スペクトルマスクの測定を行う。
- ・ 5MHzシステム、10MHzシステムについて測定を行う。

##### 3.2.1.2 測定結果

###### (1) 占有周波数帯幅

###### ① 測定結果

表3.2.1 占有周波数帯幅

周波数利用の形態	机上検討結果	実測値
5MHzシステム	4.5MHz以下	4.15MHz
10MHzシステム	9MHz以下	8.28MHz

なお、チャンネル間隔は、地上デジタルテレビジョン放送の6MHz間隔の配置に準拠するものとする。



(2) 送信周波数（搬送波）

中心周波数については、机上検討において地上デジタルテレビジョン放送、フルセグ型エリア放送システム同様に、チャンネルセンター+1/7MHzシフトすることが望ましいとしたが、本調査検討会で試作したWS無線アクセスのチャンネル設定の制約から5MHzシステム、10MHzシステム共に中心周波数をチャンネルセンター（+1/7MHzシフトしない）として実証試験を行った。

なお、エリア放送の占有周波数帯幅と比較し、WS無線アクセスの占有周波数帯幅は狭く設定していることから+1/7MHzシフトによる各測定結果への影響はないと考えられる。

(3) 送信周波数偏差

① 測定結果

表3.2.2 送信周波数偏差

周波数利用の形態	実測値
5MHzシステム	-23.2ppm (-14.023kHz)
10MHzシステム	-14.8ppm (-8.95kHz)

(4) 空中線電力と許容偏差および送信空中線の絶対利得

① 測定結果（送信出力）

表3.2.3 送信出力（現状）

周波数利用の形態	実測値
5MHzシステム	32.0mW (-20%)
10MHzシステム	68.8mW (-14%)

表3.2.4 送信出力（送信出力アップ後）

周波数利用の形態	実測値
5MHzシステム	93.2mW (-6.8%)
10MHzシステム	171.1mW (-14.5%)

(5) スプリアス発射または不要発射の許容値

① 測定結果

表3.2.5 スプリアス発射または不要発射の強度の許容値

周波数利用の形態	実測値
5MHzシステム	・スプリアス領域：9nW (575.1MHz) ・帯域外領域：21,400nW以下 (607.5MHz)
10MHzシステム	・スプリアス領域：36nW (589.2MHz) ・帯域外領域：17,910nW以下 (610.2MHz)

(6) 送信スペクトルマスク

① 送信出力アップ後の送信スペクトルマスク

WS 無線アクセスは、図 3.2.2 に示すように、2.4GHz 帯無線 LAN 装置をベースに周波数コンバータにてホワイトスペースの周波数へ周波数変換を行っている。内部の 2.4GHz 帯無線 LAN の送信スペクトルマスクとフロントエンド部の有無による WS 無線アクセスの送信スペクトルマスクを比較し、劣化度合いを測定した。

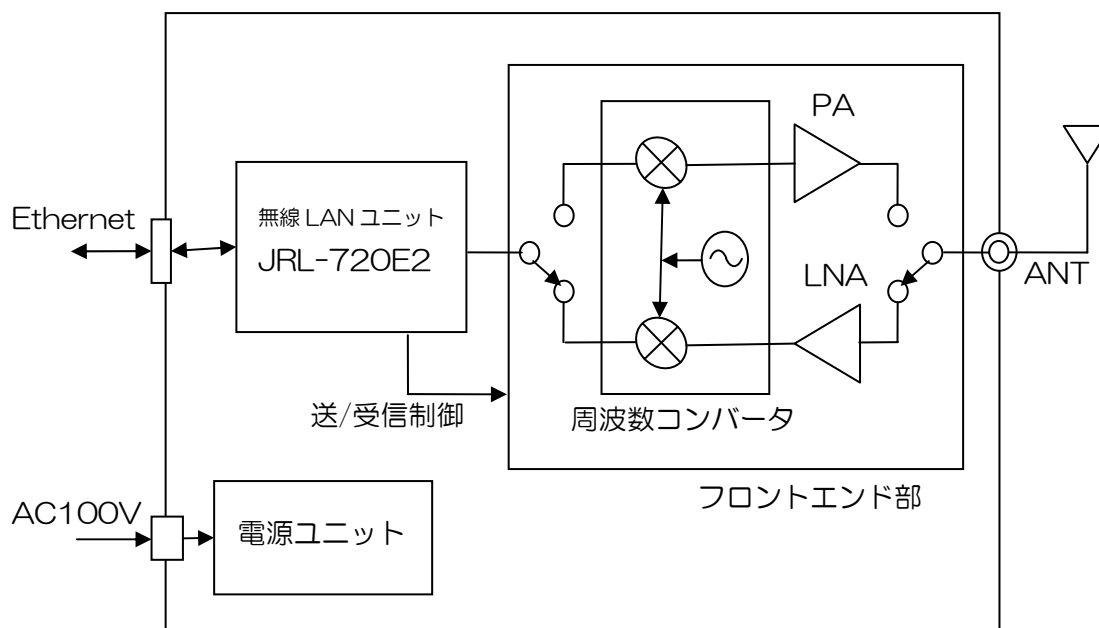
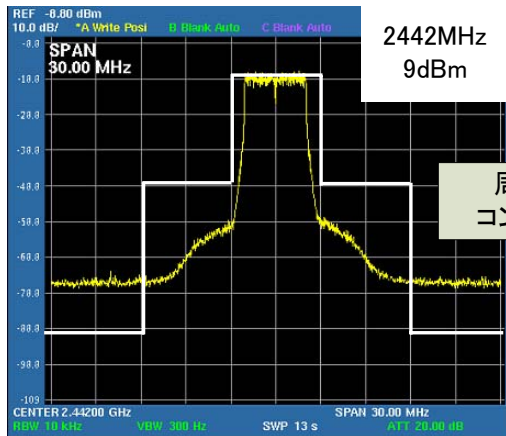


図 3.2.2 WS 無線アクセスブロック図

測定結果を図 3. 2. 3 に示す。図中白線にエリア放送に関する無線設備の規定に準拠した送信スペクトルマスクを示す。

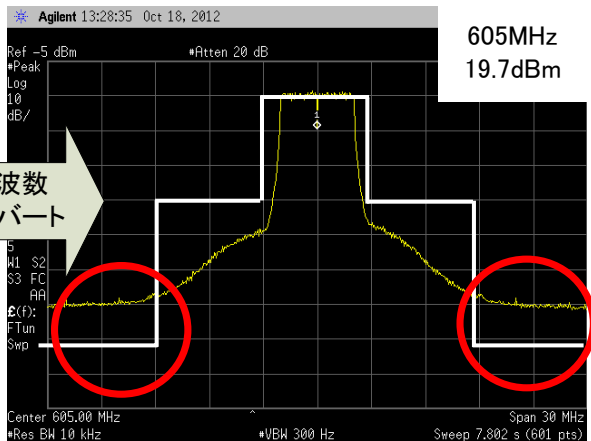
### 5MHzシステム

#### 装置内無線LAN出カスペクトル



2442MHz  
9dBm

#### 送信スペクトル



605MHz  
19.7dBm

周波数  
コンバート

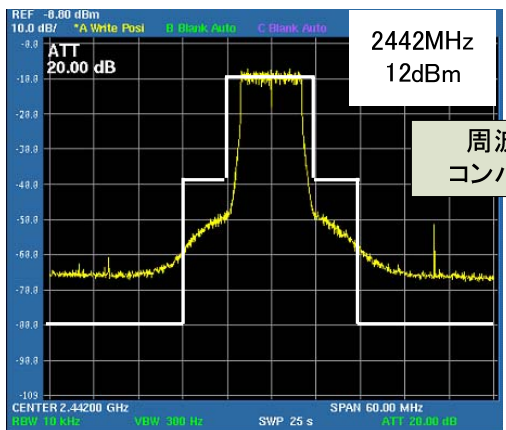
縦軸 : 10dB/div、横軸 : 3MHz/div

縦軸 : 10dB/div、横軸 : 3MHz/div

図 3. 2. 3-1 5MHz システム送信出力アップ後の送信スペクトルマスク

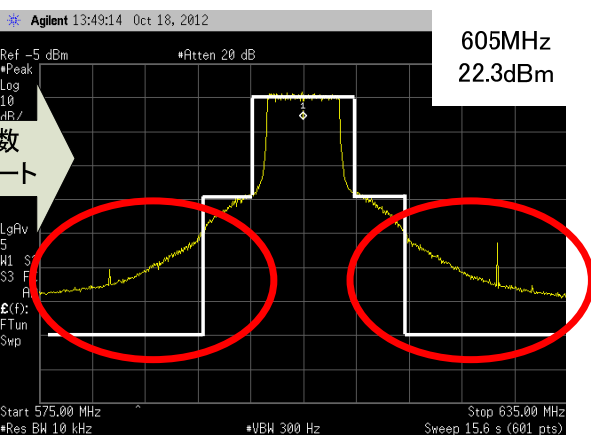
### 10MHzシステム

#### 装置内無線LAN出カスペクトル



2442MHz  
12dBm

#### 送信スペクトル



605MHz  
22.3dBm

周波数  
コンバート

縦軸 : 10dB/div、横軸 : 6MHz/div

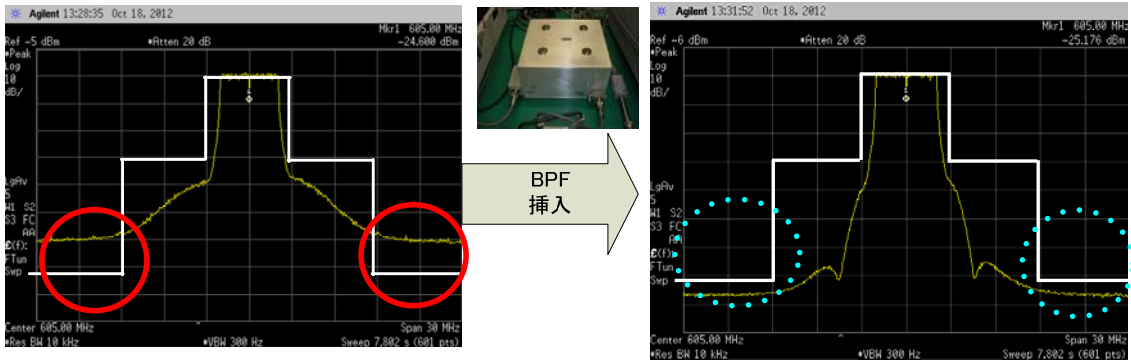
縦軸 : 10dB/div、横軸 : 6MHz/div

図 3. 2. 3-2 10MHz システム送信出力アップ後の送信スペクトルマスク

② 送信スペクトルマスクの改善測定結果

バンドパスフィルタを挿入し、送信スペクトルマスクを改善した測定結果を  
図 3. 2. 4 に示す。

5MHzシステム  
送信出力: 19.7dBm(93mW)

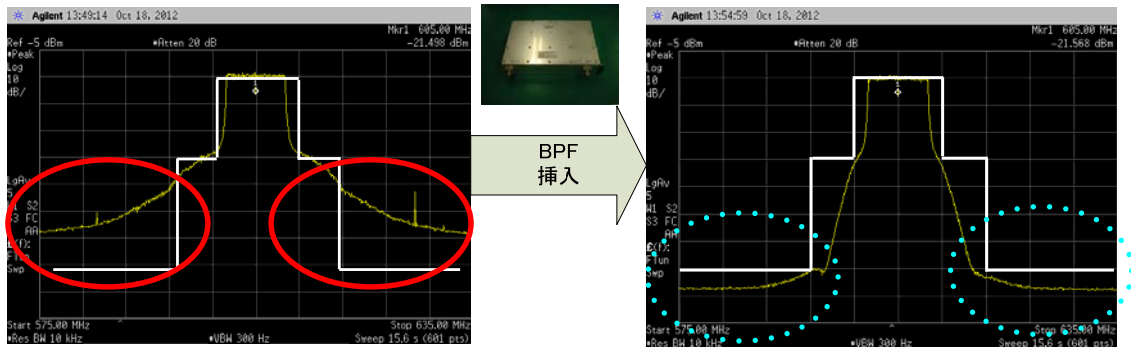


縦軸: 10dB/div、横軸: 3MHz/div

縦軸: 10dB/div、横軸: 3MHz/div

図 3. 2. 4-1 送信スペクトルマスクの改善 (フィルタ挿入後の特性)

10MHzシステム  
送信出力: 22.3dBm(171mW)



縦軸: 10dB/div、横軸: 6MHz/div

縦軸: 10dB/div、横軸: 6MHz/div

図 3. 2. 4-2 送信スペクトルマスクの改善 (フィルタ挿入後の特性)

(7) 送信特性の評価まとめ

- ・ 送信出力のアップについては所要の送信出力が得られた。  
(5MHz システム 20dBm、10MHz システム 23dBm)
  - ・ 送信スペクトルマスクに対し、ベースとなっている 2.4GHz 帯無線 LAN ユニット出力の送信スペクトルマスクからの劣化はなかった。
  - ・ 送信出力の隣々接チャンネルのスペクトルがエリア放送に関する無線設備規則の規定に対し減衰量が約 10dB 不足する。(図 3. 2. 3、図 3. 2. 4 中   部分)
  - ・ バンドパスフィルタを挿入することにより送信スペクトルマスクが改善することを確認した。(図 3. 2. 4 中   部分)
- 但し、バンドパスフィルタの使用は高コストになるため慎重な検討が必要となる。

(8) 受信系の特性測定

変調方式について平成 23 年度実施した BPSK、QPSK に加え 16QAM、64QAM についても評価を行った。表 3.2.6 に測定結果を示す。

表 3.2.6 WS 無線アクセスの主な性能

No	項目	測定結果 NTF-317
1	多重方式	OFDM
2	変調方式	BPSK、QPSK、16QAM、64QAM
3	受信感度	<p>①5MHz システム (符号化率 1/2 / 3/4)</p> <p>OFDM-BPSK 1Mbps : -88dBm / 1.5Mbps : -87dBm</p> <p>OFDM-QPSK 2Mbps : -85dBm / 3Mbps : -83dBm</p> <p>OFDM-16QAM 3.5Mbps : -80dBm / 4Mbps : -76dBm</p> <p>OFDM-64QAM 5Mbps : -72dBm / 5.5Mbps : -71dBm</p> <p>②10MHz システム (符号化率 1/2 / 3/4)</p> <p>OFDM-BPSK 2Mbps : -85dBm / 3Mbps : -84dBm</p> <p>OFDM-QPSK 3.5Mbps : -82dBm / 4Mbps : -80dBm</p> <p>OFDM-16QAM 5Mbps : -77dBm / 7Mbps : -73dBm</p> <p>OFDM-64QAM 9Mbps : -69dBm / 10Mbps : -68dBm</p> <p>* データ長 1000byte のパケットを FER あり, ARQ なしで送信したときにエラー率 10%以下で伝送可能な最小の受信機入力電力とする。</p>
4	最大スループット	<p>①5MHz システム (符号化率 1/2 / 3/4)</p> <p>OFDM-BPSK 1.5Mbps / 2.25Mbps</p> <p>OFDM-QPSK 3Mbps / 4.5Mbps</p> <p>OFDM-16QAM 6Mbps / 9Mbps</p> <p>OFDM-64QAM 12Mbps / 13.5Mbps</p> <p>②10MHz システム (符号化率 1/2 / 3/4)</p> <p>OFDM-BPSK 3Mbps / 4.5Mbps</p> <p>OFDM-QPSK 6Mbps / 9Mbps</p> <p>OFDM-16QAM 12Mbps / 18Mbps</p> <p>OFDM-64QAM 24Mbps / 27Mbps</p>
5	実装周波数	605MHz
6	実装チャンネル数	1 親局 (AP)/子局 (ST) : 設定で切替可能

(9) 受信特性の評価まとめ

- ・ 変調方式 16QAM、64QAM について受信感度、スループットについて 2.4GHz 帯無線 LAN と同等の性能を確認した。

### 3.2.2 混信保護基準の評価試験

#### 3.2.2.1 混信保護基準の評価試験概要

1.2 項で再調整を行った WS 無線アクセスを用いて混信保護基準の評価試験を行った。なお、WS 無線アクセスの評価を行うという観点から前項で述べたスペクトルマスク改善用のバンドパスフィルタは未挿入で評価試験を行った。

地上デジタルテレビジョン放送信号発生器 (DTV SG) および疑似地上デジタルテレビジョン放送装置 (ミニサテライト装置) を用いた。

各試験における干渉条件として同一チャンネル干渉、上下の隣接チャンネル干渉および隣々接チャンネルについて検討を行った。

本調査検討会の主眼はWS無線アクセスから地上デジタルテレビジョン放送への干渉による混信保護基準の検討であるが、地上デジタルテレビジョン放送からWS無線アクセス、WS無線アクセス相互の干渉についても評価を行った。

#### (1) WS無線アクセスから地上デジタルテレビジョン放送への与干渉試験

##### ① 測定系統図

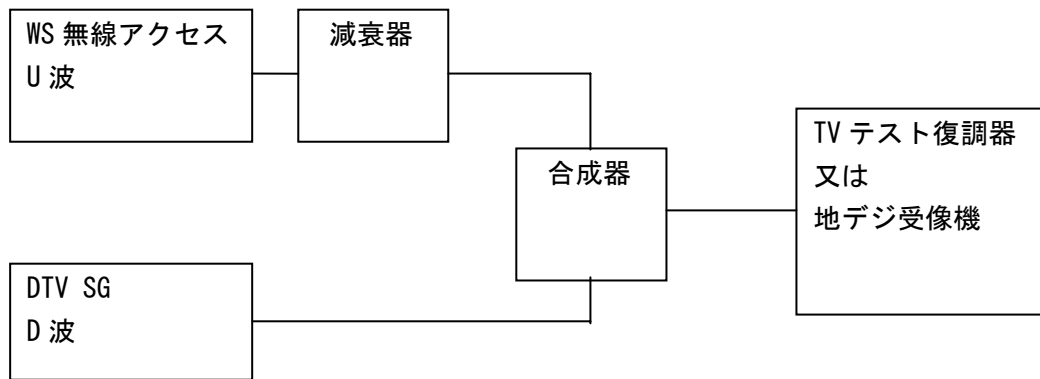


図3.2.5 WS無線アクセスから地上デジタルテレビジョン放送への与干渉試験測定系統図

##### ② チャンネル設定

表3.2.7 チャンネル設定表

干渉試験名	設定チャンネル	
	D波 (ch)	U波 (ch)
同一チャンネル干渉	35	35
上隣接チャンネル干渉	34	35
上隣々接チャンネル干渉	33	35
下隣接チャンネル干渉	36	35
下隣々接チャンネル干渉	37	35

③ 測定方法

- ・ 地上デジタルテレビジョン放送を希望波、WS無線アクセスを妨害波とする組合せで干渉試験を行う
- ・ 希望波と妨害波の周波数関係は地上デジタルテレビジョン放送の同一チャンネルおよび隣接チャンネル、隣々接チャンネルとなるように設定する。
- ・ 妨害波となるWS無線アクセスのチャンネルは35ch固定とする、レベルを減衰器にて可変して、希望波である地上デジタルテレビジョン放送信号のビタビ後BERおよびMERをTVテスト復調器で確認する。パラメータとしてはBER基準=ビタビ後 $2 \times 10^{-4}$ 、キャリア変調=64QAM、符号化率=7/8の所要C/N=22dB、符号化率=3/4の所要C/N=20.1dBとする。
- ・ TV受像機ではブロックノイズが発生するD/Uを記録する

④ 測定項目

- ・ 混信保護基準（帯域外干渉 D/U、帯域内干渉 I/N）WS無線アクセス送信スペクトルマスク等

(2) 地上デジタルテレビジョン放送からWS無線アクセスへの干渉試験

① 測定系統図

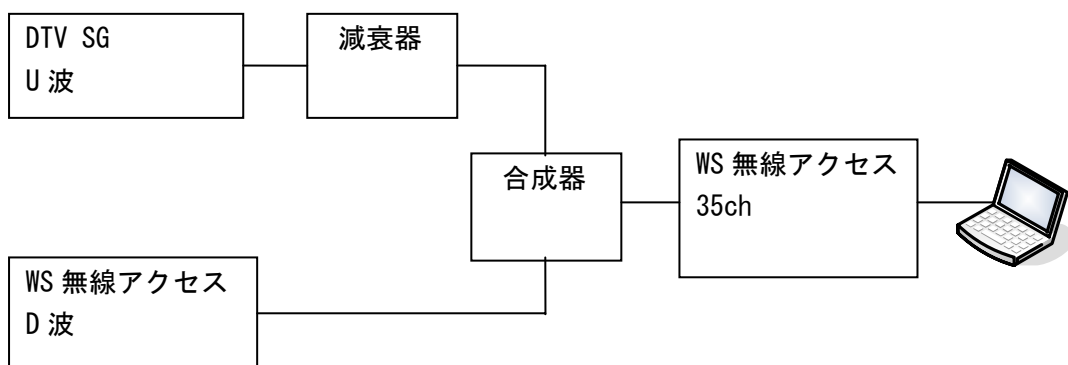


図3.2.6 地上デジタルテレビジョン放送からWS無線アクセスへの干渉試験測定系統図

② チャンネル設定

表3.2.8 チャンネル設定表

干渉試験名	設定チャンネル	
	D波 (ch)	U波 (ch)
同一チャンネル干渉	35	35
上隣接チャンネル干渉	35	36
上隣々接チャンネル干渉	35	37
下隣接チャンネル干渉	35	34
下隣々接チャンネル干渉	35	33

③ 測定方法

- ・ WS無線アクセスを希望波、地上デジタルテレビジョン放送を妨害波とする組合せで干渉を確認
- ・ 希望波と妨害波の周波数関係はWS無線アクセスの同一チャンネル、隣接チャンネルおよび隣々接チャンネルに設定し測定を行う。
- ・ 妨害波のチャンネルおよびレベルを可変して測定を行う。
- ・ WS無線アクセスの各変調方式、伝送速度について測定を行う。

④ 測定項目

- ・ BER、MER、スループット

(3) WS無線アクセス相互間の干渉試験

① 測定系統図

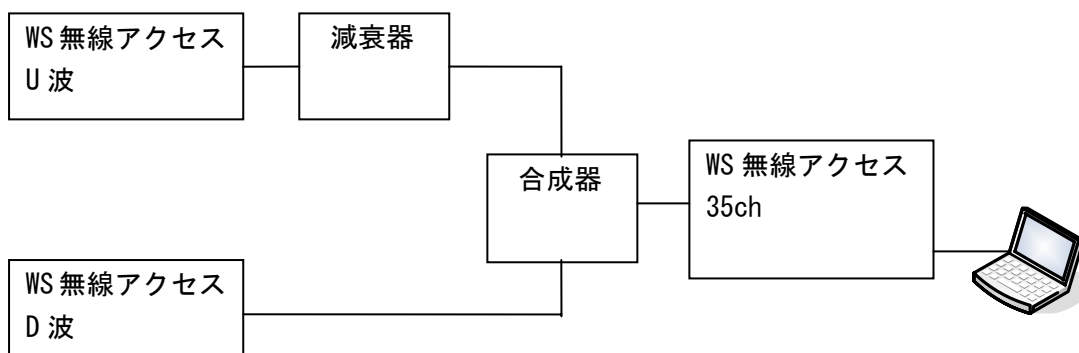


図3.2.7 WS無線アクセス相互間の干渉試験

② チャンネル設定

表3.2.9 チャンネル設定表

干渉試験名	設定チャンネル	
	D波 (ch)	U波 (ch)
同一チャンネル干渉	35	35
上隣接チャンネル干渉	35	36
上隣々接チャンネル干渉	35	37
下隣接チャンネル干渉	35	34
下隣々接チャンネル干渉	35	33

③ 測定方法

- ・ WS無線アクセスを希望波、妨害波とする組合せで干渉を確認
- ・ 希望波と妨害波の周波数関係は同一チャンネル、隣接チャンネルおよび隣々接チャンネルにて測定を行う。
- ・ 妨害波のチャンネルおよびレベルを可変して測定を行う。

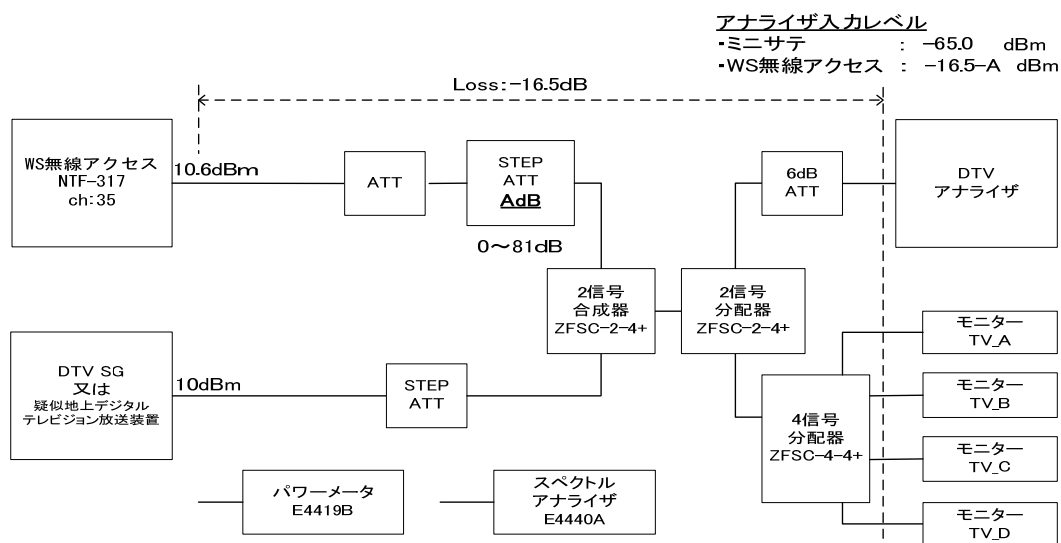
④ 測定項目

- ・ BER、MER、スループット



### 3.2.2.2 WS無線アクセスから地上デジタルテレビジョン放送への与干渉試験

#### (1) 測定系統図



DTV SG : 地上デジタルテレビジョン放送信号発生器 DTV アナライザ : 地上デジタルテレビジョン放送信号解析器

図 3.2.8 WS無線アクセスから地上デジタルテレビジョン放送への与干渉試験測定系統図

#### (2) 工場試験の状況

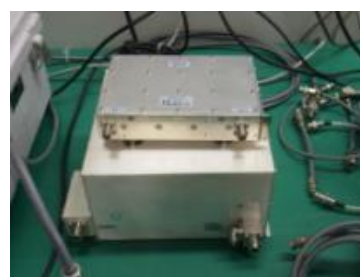
##### ① 疑似地上デジタルテレビジョン放送装置



##### ② WS無線アクセス



##### ③ フィルタ

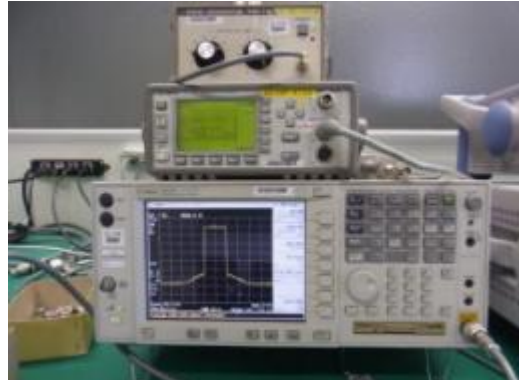


(上 : 10MHz システム用、下 : 5MHz システム用)

④ DTV アナライザおよび DTV SG



⑤ スペクトルアナライザ、パワー計



⑥ モニターTV (4社)



⑦ 測定全景



(2) 測定方法 (ミニサテ ch は同一、隣接、隣々接の条件によって変更し測定する)

- ① DTV SG 出力がアナライザで $-65\text{dBm}$  となるように調整する。
- ② 妨害波としての WS 無線アクセスのレベルを調整 (ATT を加減) し、TV アナライザの  
BER が  $2 \times 10^{-4}$  となる WS 無線アクセスの出力レベルおよび MER を記録する。
- ③ TV 画像の乱れを記録する (ブロックノイズ有無、ブラックアウト等)。
- ④ ③のレベルより干渉の WS 無線アクセスのレベルを約  $2\text{dB}$  上げて、BER、MER、TV 画像の乱れを記録する。

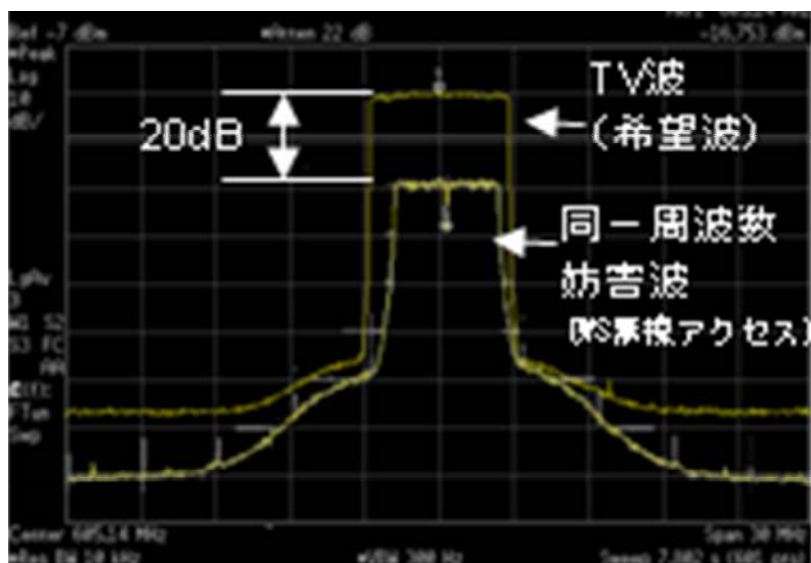
### (3) 試験結果

#### ① 同一チャンネル干渉試験

##### ・ 干渉波 D/U の影響

地上デジタルテレビジョン放送信号レベル (D) に対し、妨害波である WS 無線アクセスの信号 (U) が TV のチャンネル帯域へ落ち込むレベルが、D/U 比として 20dB 以下になる場合に地上波デジタルテレビ放送の復調に必要な  $BER=2 \times 10^{-4}$  および MER が 20dB 以下となり回線品質に影響が出始める結果となった。

干渉時のスペクトルイメージを図 3.2.9 に示す。



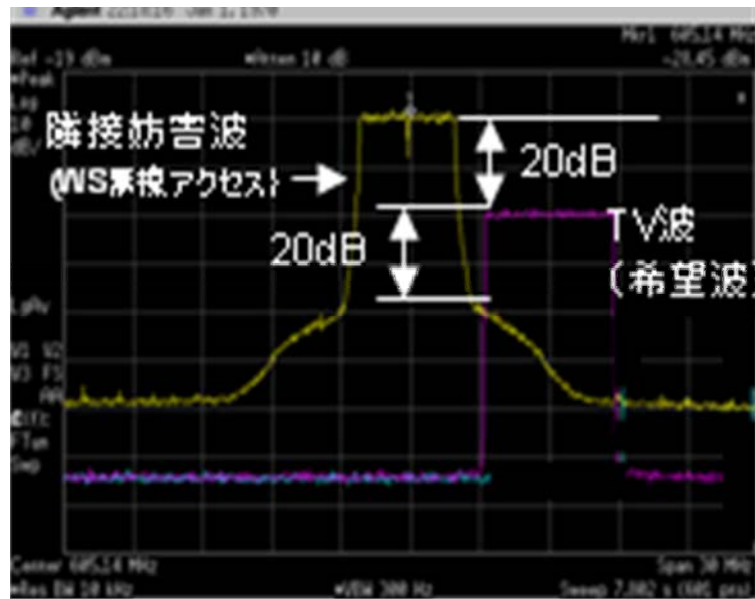
縦軸 : 10dB/div、横軸 : 3MHz/div

図3.2.9 同一チャンネル干渉試験における干渉時のスペクトルイメージ

#### ② 隣接チャンネル干渉試験

##### ・ 干渉波 D/U の影響

WS 無線アクセスが地上デジタルテレビジョン放送波より約 20dB 高いレベル ( $D/U=-20\text{dB}$ ) となった場合にサイドローブが地上デジタルテレビジョン放送波へ干渉しはじめ、その後数 dB 干渉波レベルを上げることにより地上デジタルテレビジョン放送波の  $BER$  が  $2 \times 10^{-4}$  および MER が 20dB を割り込みブロックノイズが出始めた。さらに干渉レベルを上げることによりブラックアウトすることを確認した。干渉時のスペクトルイメージを図 3.2.10 に示す。



縦軸：10dB/div、横軸：3MHz/div

図 3. 2. 10 隣接チャンネル干渉試験 干渉時のスペクトルイメージ

- 隣接チャンネル干渉（帯域外干渉）の混信保護について  
 地上デジタルテレビジョン放送同士の干渉によるBERが $2 \times 10^{-4}$ （内符号訂正後の誤り率）となるD/U比は、妨害波が上隣接の場合の混信保護比 -29dB、妨害波が下隣接の場合の混信保護比 -26dBである。  
 この基準に対しては5MHzシステムにおいてフィルタを挿入しなければ満足しない結果となった。試験結果を表3. 2. 10、表3. 2. 11に示す。

表 3. 2. 10 5MHz システム試験結果

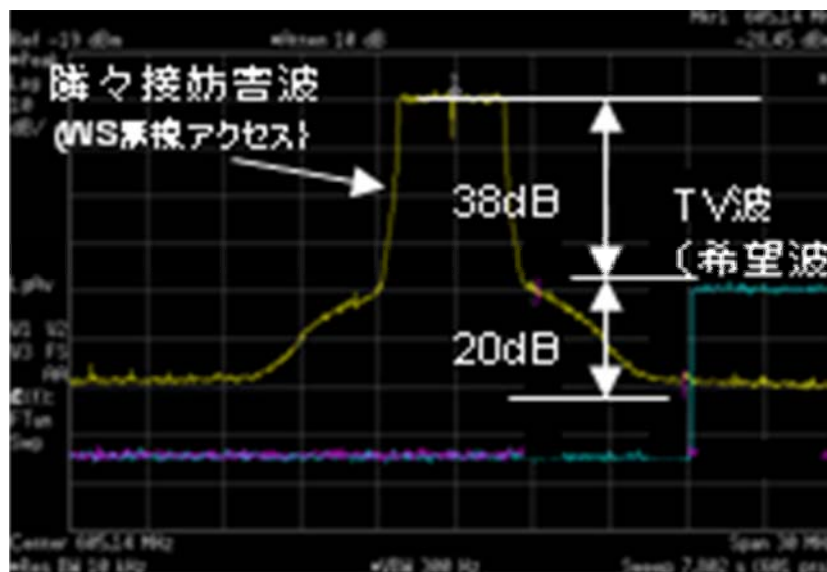
	希望波	妨害波	TV波干渉 D/U比 (dB)	フィルタなし		フィルタ有り	
				低出力 (dB)	高出力 (dB)	低出力 (dB)	高出力 (dB)
上隣接	デジタル放送	WS無線アクセス	-29	-23.6	-21.6	-29.7	-27.7
下隣接	デジタル放送	WS無線アクセス	-26	-24.6	-22.6	-28.7	-26.7

表 3. 2. 11 10MHz システム試験結果

	希望波	妨害波	TV波干渉 D/U比 (dB)	フィルタなし		フィルタ有り	
				低出力 (dB)	高出力 (dB)	低出力 (dB)	高出力 (dB)
上隣接	デジタル放送	WS無線アクセス	-29	-20.0	-11.0	-25.0	-15.3
下隣接	デジタル放送	WS無線アクセス	-26	-23.0	-12.0	-30.2	-20.8

③ 隣々接チャンネル干渉試験

WS 無線アクセスが地上デジタルテレビジョン放送より約 38dB 高いレベル (D/U=-38dB) となった場合にサイドローブが地上デジタルテレビジョン放送へ干渉しはじめ、地上デジタルテレビジョン放送波の BER が  $2 \times 10^{-4}$  および MER が 20dB を割り込みブロックノイズが出始めた。その後 2dB 干渉レベルを上げることによりブラックアウトすることを確認した。干渉時のスペクトルイメージを図 3.2.11 に示す。



縦軸：10dB/div 横軸：3MHz/div

図 3.2.11 隣々接チャンネル干渉試験 干渉時のスペクトルイメージ

④ モニターTVのブロックノイズイメージ

- 同一チャンネル、隣接チャンネル、隣々接チャンネル干渉試験のいずれの試験においても WS 無線アクセスの信号フロアノイズが地上デジタルテレビジョン放送のチャンネル帯域へ落ち込むレベルが、地上デジタルテレビジョン放送に対して RS 復号後の疑似エラーフリーの基準となるピタビ復号後が BER =  $2 \times 10^{-4}$  および MER が 20dB 以上確保できる妨害レベルでは地上デジタルテレビジョン放送は問題なく復調できた。(図 3.2.12)

- 妨害レベルをさらに数 dB 上げる (隣接チャンネルでは 2dB、隣々接チャンネルでは 2~10dB) と MER、BER が規格以下となるため、モニターTVには図 3.2.13 のようなブロックノイズが発生し、さらに干渉レベルを上げるとブラックアウトとなった。

異なるメーカーのモニターTV を 4 台準備し妨害波の影響の出方を確認したが、ブロックノイズ、ブラックアウトとなるレベルに多少差がみられたが顕著ではなかった。



図 3.2.12 モニターTV 正常受信イメージ



図 3.2.13 モニターTV ブロックノイズイメージ

⑥ 地上デジタルテレビジョン放送信号の内符号化率の違いによる影響

地上デジタルテレビジョン放送信号の内符号化率を  $3/4$  (所要  $C/N_{20}$  1dB) か  $7/8$  (所要  $C/N_{22}$  2dB) へ変更した場合の影響について測定を行ったが、所要 MER が約 2dB の増に対し D/U も約 2dB の増となり、所要  $C/N$  値の差がそのまま試験結果となった。

地上デジタルテレビジョン放送に要求される BER は、外符号の RS 復号出力 BER が疑似エラーフリーの  $1 \times 10^{-11}$  以下となるときであり、このときに要求される内符号のビタビ復号出力の BER は  $2 \times 10^{-4}$  以下となり、入力信号の基準  $C/N$  はキャリア変調 64QAM, 内符号化率  $7/8$  の場合に 22dB となることを確認した。



⑦ 中心周波数をチャンネルセンターから1/7MHz シフト有無の影響

2.2(2)項において5MHzシステムの送信周波数は、地上デジタルテレビジョン放送と同様に、送信中心周波数はチャンネルセンター+1/7MHzシフトが適当とした。

今回の実証試験ではWS無線アクセスの装置によるチャンネル設定の制約から中心周波数をチャンネルセンターにて実証試験を実施した。

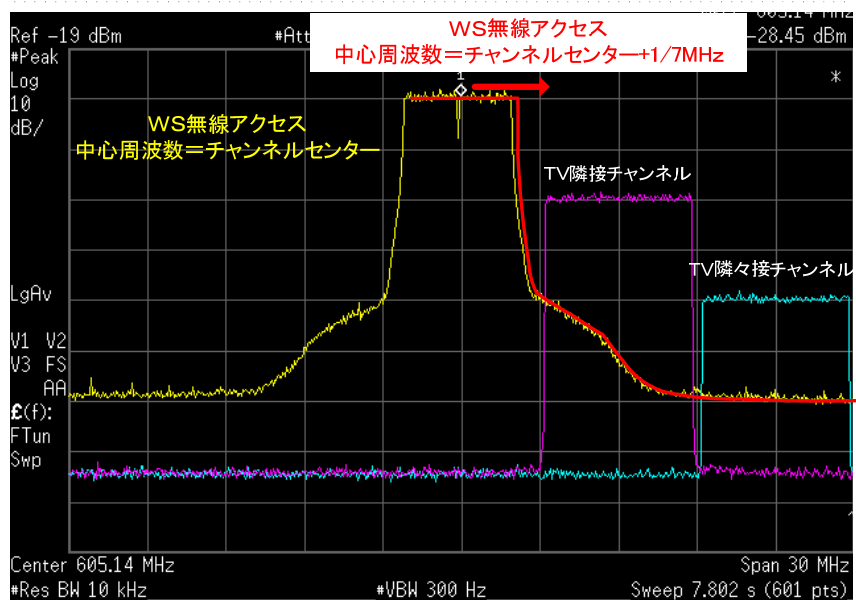
机上検討で行ったチャンネルセンターを中心周波数と同じとする場合とチャンネルセンターの周波数を+1/7MHzシフトした場合の影響について検証した。

・ 同一チャンネルでの影響

周波数をシフトを行わない場合とシフトした場合において、MER、BER がほぼ同じ測定結果となり影響がないことを確認した。

・ 隣接および、隣々接チャンネルへの影響

中心周波数を+1/7MHz シフトしてもWS無線アクセスのノイズフロアのレベルがほぼ変わらないため、地上デジタルテレビジョンへの影響はない。(図 3.2.14 参照)



縦軸：10dB/div 横軸：3MHz/div

図 3.2.14 中心周波数を+1/7MHz シフトしたことによる影響

### 3.2.2.3 地上デジタルテレビジョン放送からWS無線アクセスへの与干渉試験

#### (1) 測定系統図

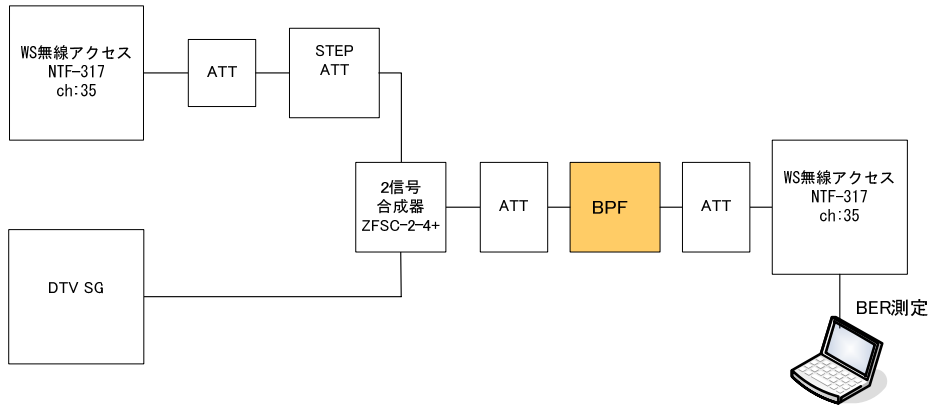


図 3.2.15 地上デジタルテレビジョン放送からWS無線アクセスへの  
与干渉試験測定系統図

#### (2) 測定方法 (DTVSG の ch は同一、隣接、隣々接の条件によって変更し測定する) WS無線アクセスにおける受信感度抑圧試験を行う

受信感度抑圧試験は、受信波入力レベルを感度点 (パケットエラー10%) +3dB とし、干渉波を入力し感度点となる干渉波レベルを求める。

- ① STEP ATT を調整し受信感度 (パケットエラー10%) を測定する。 . . . . . D
- ② STEP ATT を 3dB 少なくしレベルを上げる . . . . . D+3dB
- ③ DTVSG を同一 ch にして SG による干渉レベルをあげて再度感度点となる SG レベルを測定する。 . . . . . U
- ④ BPF 有りなしで測定を行い、フィルタの挿入効果を確認する。

上記と同様の手順によりに DTVSG のチャンネルを変えて隣接、隣々接の関係になるように設定し①~④の手順で測定する。

測定は感度の良い BPSK と妨害に弱い 64QAM にて行う。

#### (3) 測定結果および考察 (WS無線アクセス : 5MHz システム、64QAM)

- ① 同一波干渉試験  
抑圧感度の干渉 D/U  
  - ・ 5MHz システム : 8dB
- ② 隣接波干渉試験  
抑圧感度の干渉 D/U  
  - ・ フィルタなし (上隣接/下隣接) : -21dB/-24dB
  - ・ フィルタあり (上隣接/下隣接) : -34dB/-22dB

フィルタを挿入した場合、上隣接については約 10dB 改善した。下隣接については改善が見られなかったが、因果関係は不明である。
- ③ 隣々接波干渉試験  
抑圧感度点の干渉 D/U  
  - ・ フィルタなし (上隣接/下隣接) : -22dB/-31dB
  - ・ フィルタあり (上隣接/下隣接) : -57dB/-57dB

フィルタにより約 25dB 改善されることを確認した。



### 3.2.2.4 WS 無線アクセス間の干渉試験

#### (1) 測定系統図

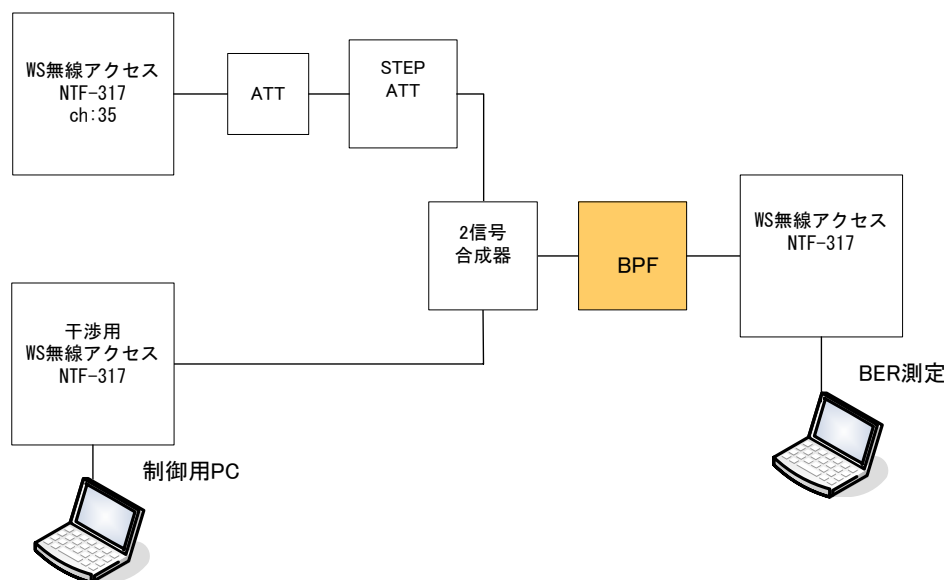


図 3.2.16 WS 無線アクセス間の干渉試験測定系統図

#### (2) 測定方法

- ① STEP ATT を調整し受信感度 (パケットエラー10%) を測定する。 . . . . D
- ② STEP ATT を 3dB 少なくしレベルを上げる . . . . . D+3dB
- ③ 干渉用 WS 無線アクセスを同一 ch にし、STEP ATT を少なくして受信感度点となる SG レベルを測定する。 . . . . . U
- ④ BPF 有りなしで測定を行い、フィルタの挿入効果を確認する。

上記と同様に干渉用 WS 無線アクセスのチャンネルを変更し隣接チャンネル、隣々接チャンネルも測定する。測定は感度の良いBPSKと妨害に弱い64QAMにて行う。

#### (3) 測定結果および考察

- ① 同一波干渉試験  
抑圧感度点の干渉 D/U
  - ・ 5MHz システム : 12dB
- ② 隣接波干渉試験  
抑圧感度点の干渉 D/U
  - ・ フィルタなし (上隣接/下隣接) : -8dB/-8dB
  - ・ フィルタあり (上隣接/下隣接) : -10dB/-11dBフィルタを挿入した場合、上隣接については約 3dB 改善されることを確認した。
- ③ 隣々接波干渉試験  
抑圧感度点の干渉 D/U
  - ・ フィルタなし (上隣接/下隣接) : -15dB/-15dB
  - ・ フィルタあり (上隣接/下隣接) : -46dB/-47dBフィルタにより約 30dB 改善されることを確認した。

### 3.3 フィールド試験

疑似地上デジタルテレビジョン放送波と WS 無線アクセスの電波を実際に送信し、工場試験で得られた技術的条件および共用条件について実環境で評価を行った。

#### 3.3.1 疑似地上デジタルテレビジョン放送システムの構成

極微小電力中継局送信機（ミニサテ）装置を用い疑似的に放送を行った。

主な仕様は、

表 3.3.1 疑似地上デジタルテレビジョン放送装置仕様

項目	仕様	備考
送信電力	10mW	
実装チャンネル	5ch 実装。（手動にて切り替え） (33ch、34ch、35ch、36ch、37ch)	
アンテナ	5 エレリングアンテナ	

#### 3.3.2 設置場所および免許

① 設置場所 宮崎県えびの市 市役所屋上。

② 免許

平成 24 年 9 月予備免許

平成 24 年 12 月免許

#### 3.3.3 フィールド試験内容

##### 3.3.3.1 技術基準案の検証

(1) 送信スペクトルマスクの検証

WS 無線アクセス送信波にフィルタを入れた場合に隣接、隣々接チャンネルのエリア放送に関する無線設備規則の規定に準拠の規格を満足し工場試験のデータの再現性を確認する。

(2) 共用条件の検証

同一チャンネル、隣接チャンネルおよび隣々接チャンネルにおける干渉試験を実施し工場試験のデータの再現性を確認する。

### 3.3.3.2 フィールド試験概要

えびの市役所に設置した疑似地上デジタルテレビジョン放送局から送信する地上デジタルテレビジョン放送波を国際交流センターで受信し基本特性の確認を行う。

次に妨害用に WS 無線アクセスを送信し地上デジタルテレビジョン放送波と同一チャンネル、隣接チャンネルおよび隣々接チャンネルの関係の干渉試験を行う。

また、市役所および国際交流センター間で WS 無線アクセス間の通信を行い、同一チャンネルの干渉試験を行う。

### 3.3.3.3 フィールド試験構成

#### (1) 設置イメージ図

##### ① えびの市役所

- ・ 疑似地上デジタルテレビジョン放送局を設置した。
- ・ WS 無線アクセス（平成 23 年度に免許）を設置した。

##### ② えびの市国際交流センター

- ・ 地上デジタルテレビジョン放送受信評価用 TV、測定器を設置した。
- ・ 対向通信用 WS 無線アクセスを設置した。
- ・ 共用評価時妨害用 WS 無線アクセスを設置した。

イメージを図 3.3.1 に示す。

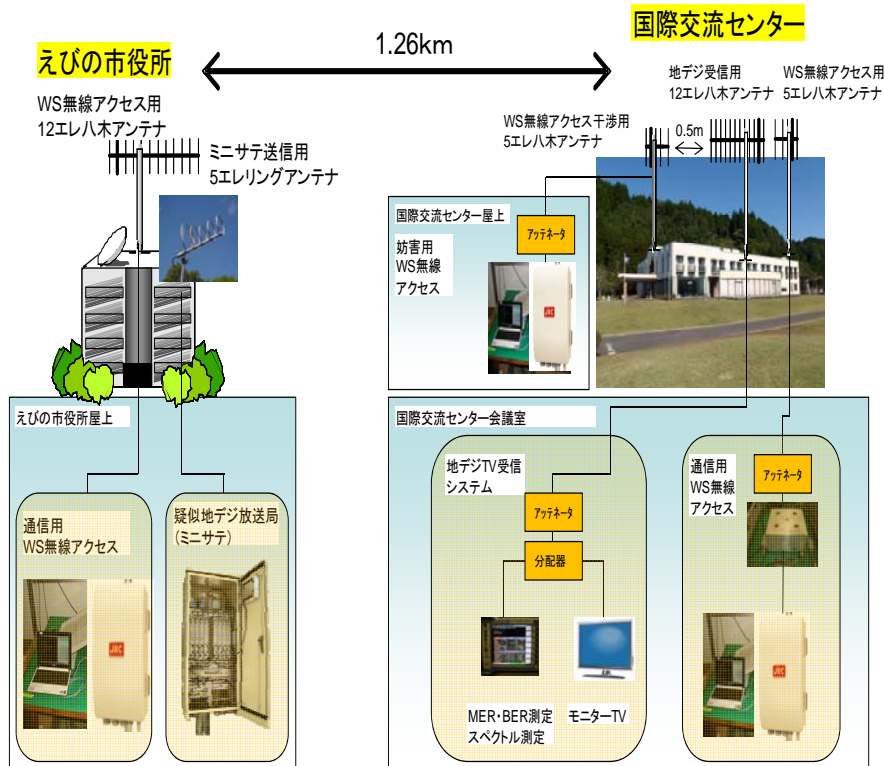


図 3.3.1 フィールド試験イメージ図

(2) フィールド試験配置図

えびの市役所と国際交流センターは見通であり、1.26kmの距離がある。

図 3.3.2 に市役所と国際交流センター間の見通し状況と地表断面図を示す

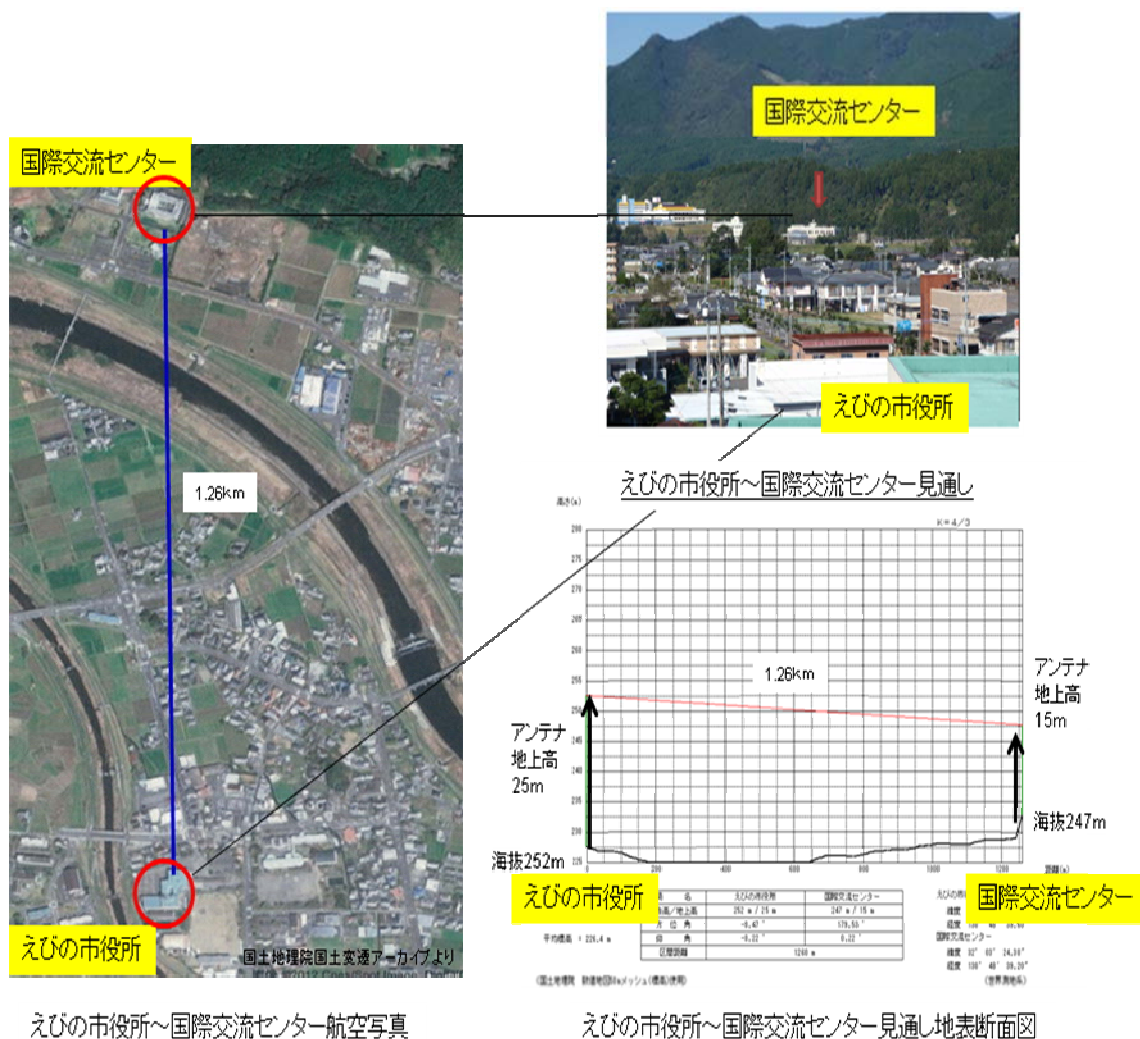


図 3.3.2 フィールド試験配置図

市役所および国際交流センター相互間の自由空間損失は約-90dBである。

図 3.3.3 に疑似地上デジタルテレビジョン放送の受信レベルダイヤを示す。

また、干渉用の WS 無線アクセスは、隣々接チャンネル干渉試験で D/U が-40dB以上の高いレベルが必要になるため国際交流センター屋上に設置し、干渉試験受信装置アンテナと約 5mの距離に設置し、干渉波の妨害測定に必要なレベルを確保した。干渉波用 WS 無線アクセスレベルダイヤを図 3.3.4 に示す。また WS 無線アクセス相互間の干渉試験レベルダイヤを図 3.3.5 に示す。

① 疑似地上デジタルテレビジョン放送

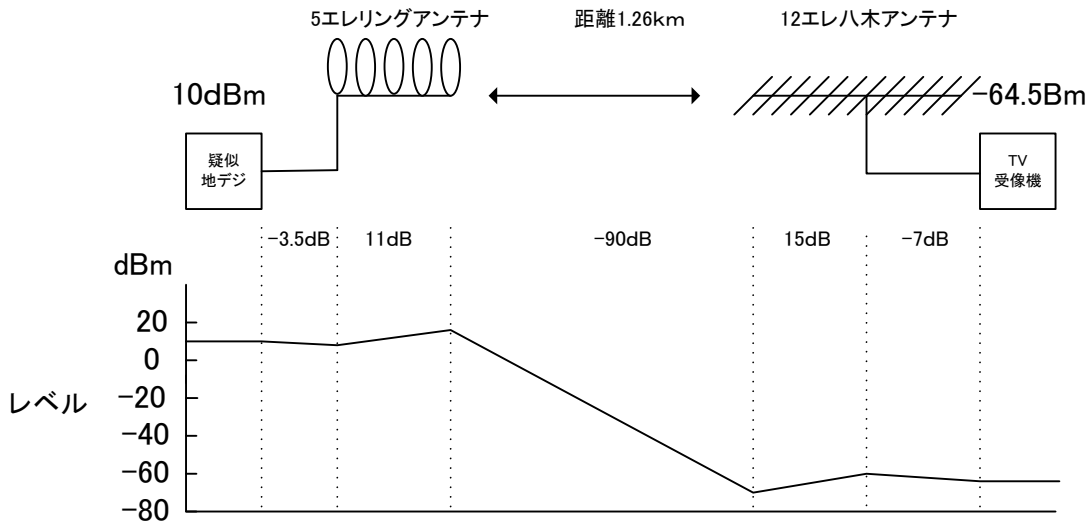


図 3.3.3 疑似地上デジタルテレビジョン放送レベルダイヤ

② 干渉用 WS 無線アクセス送信レベルダイヤ

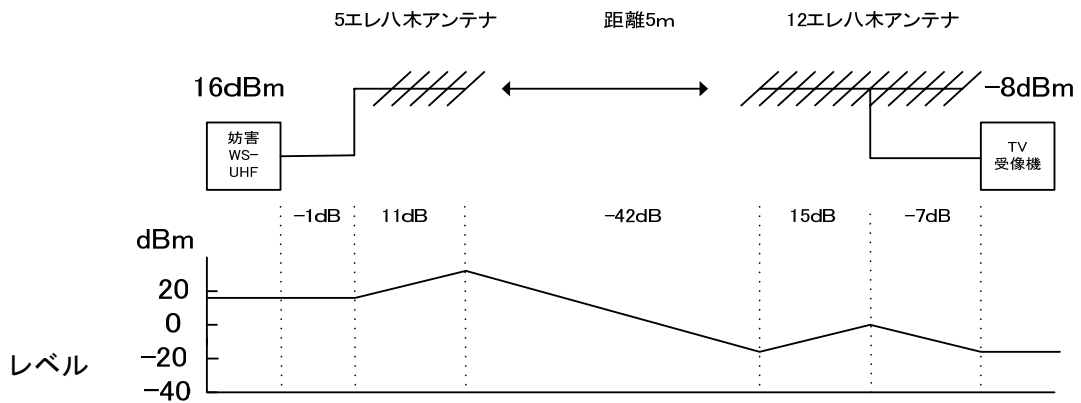


図 3.3.4 干渉用 WS 無線アクセス送信レベルダイヤ

③ WS 無線アクセス市役所-国際交流センター間レベルダイヤ

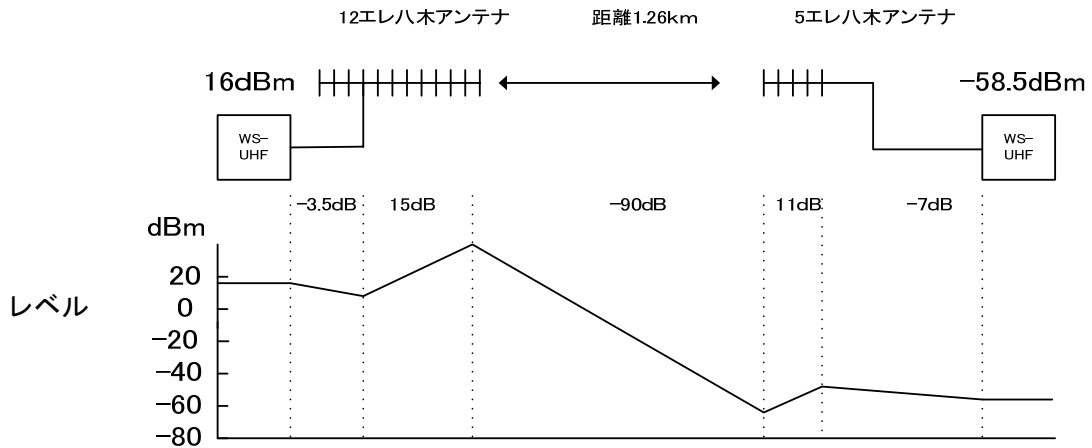


図 3.3.5 WS 無線アクセス-国際交流センター間レベルダイヤ

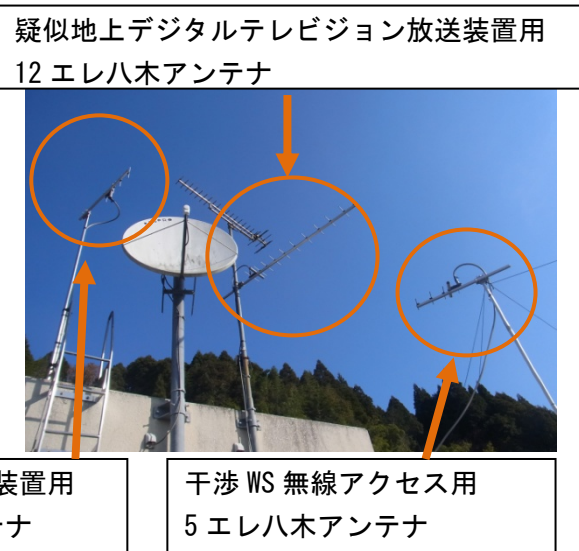
(3) フィールド試験機器設置状況

① 市役所側装置

疑似地上デジタルテレビジョン放送装置



② 国際交流センター側装置





(4) フィールド試験結果

① ミニサテ TV 信号の確認

a 試験内容

市役所からミニサテより 35ch で送信した疑似地上デジタルテレビジョン放送を国際交流センターで受信し、基本的特性を確認する。

b 確認項目

送信スペクトルマスク、TV 画像

c 試験結果

工場試験と同等であることを確認した。

② WS 無線アクセス信号の確認

a 試験内容

市役所および国際交流センター間で 35ch にて通信を行い、基本的な特性を確認する。

b 確認項目 (64QAM にて測定)

受信電界強度等、フィルタ有無時の送信スペクトルマスク (64QAM にて測定)

c 試験結果

工場試験と同等であることを確認した。

③ 干渉試験

a 試験系統図

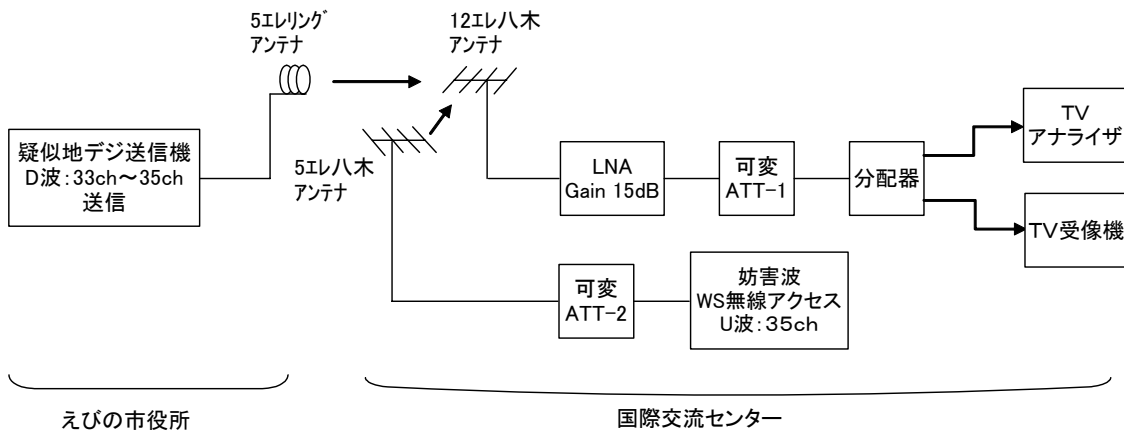


図 3.3.6 干渉試験系統図

b 測定方法

- ・ 疑似地上デジタルテレビジョン放送を希望波WS無線アクセスを妨害波とする組合せで干渉試験を行う
- ・ 希望波と妨害波の周波数関係は疑似地上デジタルテレビジョン放送の同一チャンネルおよび隣接チャンネル、隣々接チャンネルとなるように設定する。
- ・ 妨害波となるWS無線アクセスのチャンネルは35ch固定とする、レベルを減衰器にて可変して、希望波である疑似地上デジタルテレビジョン放送信号のビタビ後BERおよびMERをTVテスト復調器で確認する。

パラメータとしてはBER基準=ビタビ後 $2 \times 10^{-4}$ 、キャリア変調=64QAM、符号化率=7/8の所要C/N=22dB、符号化率=3/4の所要C/N=20.1dBとする。

TV受信機ではブロックノイズが発生するD/Uを記録する

c 測定項目

- ・ 混信保護基準（帯域外干渉 D/U、帯域内干渉 I/N）、WS無線アクセス送信スペクトルマスク等

d 干渉試験取得データ

干渉試験取得データを表 3.3.3 に示す。

表 3.3.3 干渉試験取得データ

妨害波の条件 WS無線アクセス	希望波 DTV波	フィールド試験取得データ				工場試験 取得データ D/U (dB)
		妨害波 WS無線 アクセス (dBm)	希望波 (dBm)	D/U (dB)	TV画像	
同一ch(35ch)	35ch	-84.4	-65	19.4	OK	19.5
〃	〃	-82.4	-65	17.4	ブロックノイズ	17.5
〃	〃	-80.4	-65	15.4	ブラックアウト	-
上隣接(35ch)	34ch	-41.4	-65.4	-24	OK	-24.8
〃	〃	-37.4	-65.4	-28	ブロックノイズ	-26.8
〃	〃	-36.4	-65.4	-29	ブラックアウト	-28.8
下隣接(35ch)	36ch	-39.4	-65.4	-26	OK	-24.5
〃	〃	-35.4	-65.4	-30	ブロックノイズ	-26.5
〃	〃	-34.4	-65.4	-31	ブラックアウト	-28.5
上隣々接 (35ch)	33ch	-30.4	-64.5	-34.1	OK	-36.2
〃	〃	-27.4	-64.5	-37.1	ブロックノイズ	-38.2
〃	〃	-26.4	-64.5	-38.1	ブラックアウト	-40.2
下隣々接 (35ch)	37ch	-25.4	-65.8	-40.4	OK	-37.8
〃	〃	-	-	-	ブロックノイズ	-39.8
〃	〃	-	-	-	ブラックアウト	-40.8



#### ④ WS無線アクセス同一チャネル干渉試験

##### a 試験系統図

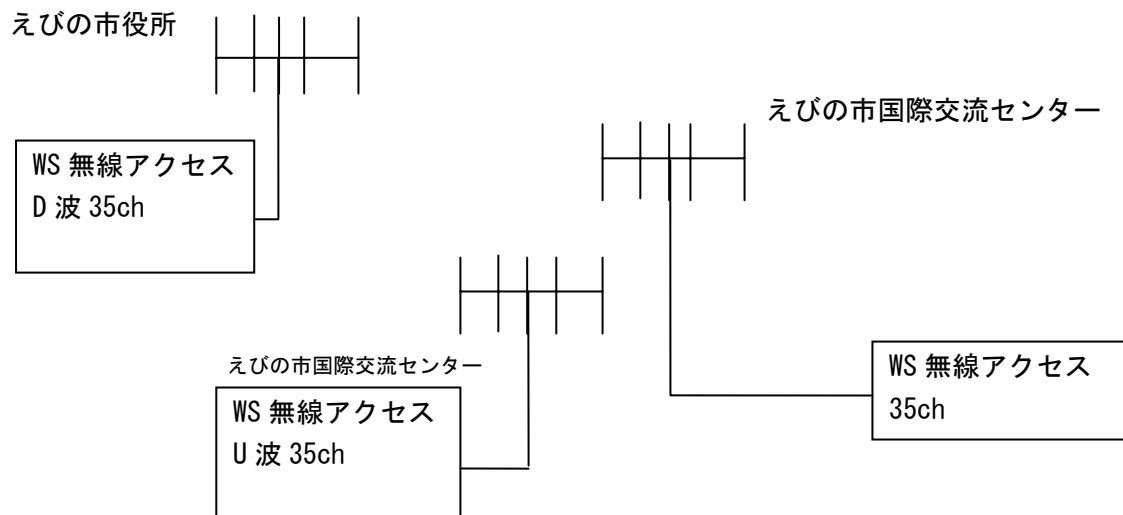


図 3.3.7 WS 無線アクセス同一チャネル干渉試験試験系統図

##### b 試験方法

市役所および国際交流センター間で 35ch にて通信を行う。

妨害用の WS 無線アクセス波を 35ch 同一 ch で送信し妨害波の送信レベルをアッテネータで加減し妨害レベルを調整し干渉特性を確認する。

なお、この試験は感度抑圧試験<sup>(\*1)</sup>により干渉波に対する D/U を確認する。

\*1：受信感度（パケットエラー10%）より 3 dB 高いレベルを入力し、妨害波のレベルを上げてパケットエラーが 10%に戻る妨害波および D/U を測定する。

##### c 確認項目

受信感度抑圧特性測定時の干渉レベル、D/U、パケットエラー、干渉スペクトル等

##### d 試験結果

工場試験と同等であることを確認した。

#### (5) フィールド試験結果

表 3.3.3 にフィールド試験結果および工場試験で取得した D/U 測定データを記載した。

下隣接試験および下隣々接試験では測定 D/U が約 3~4dB の差異があったが、その他の試験ではフィールド試験と工場試験ではほぼ同じ値が得られた。

### 3.4 公開試験

(1) 開催日時

平成 24 年 12 月 12 日 13 : 00～16 : 00

(2) 開催場所

宮崎県えびの市役所（4階大会議室）および国際交流センター

(3) 参加者

調査検討会構成員および作業部会構成員 ほか 18名

(4) 公開試験内容

- ① 開会（事務局）
- ② 座長挨拶（尾家座長）
- ③ 作業部会経過報告（福迫作業部会長）
- ④ 実証試験概要説明（事務局）
- ⑤ 試験機器見学  
えびの市役所及び国際交流センター
- ⑥ 実証試験デモ
  - ・ 同一チャネル干渉試験
  - ・ 隣接チャネル干渉試験
  - ・ 隣々接チャネル干渉試験
- ⑦ 実証試験まとめ（事務局）
- ⑧ 質疑応答
- ⑨ 閉会（小川無線通信部長）

(5) 公開試験風景

① 実証試験概要説明（市役所）



② 実証試験デモ（国際交流センター）



## 第4章 実証試験を踏まえた技術基準案の再検討

### 4.1 再検討項目

本章では第2章の机上検討でエリア放送の規定をそのまま適用できない等の理由から、実証試験を踏まえたうえで検討を行うとした以下の項目について、その検討内容及び検討結果を示すこととする。

- (1) 送信周波数の許容偏差
- (2) 空中線電力の許容偏差
- (3) スプリアス発射または不要発射の許容値
- (4) 送信スペクトルマスク
- (5) 混信保護基準

### 4.2 WS 無線アクセスの技術基準等の再検討結果

#### (1) 送信周波数の許容偏差

エリア放送（複数送信機で単一周波数ネットワークを構成しない場合）に関する無線設備規則での周波数許容偏差は、「空中線電力が50mWを超え、電波の能率的な利用を著しく阻害するものでないと総務大臣が特に認めたものは、 $\pm 500\text{Hz}$ 、空中線電力が50mW以下のものは、 $\pm 20\text{kHz}$ 」と規定されており、厳格な周波数安定度が要求されている。

WS 無線アクセス（試作機）の実証試験では、5MHz システムでの周波数偏差は $-14.023\text{kHz}$  ( $-23.2 \times 10^{-6}$ ) となっており、エリア放送の規定を満たしていない。

WS 無線アクセスの占有周波数帯幅は4.5MHzであり、エリア放送システムの5.7MHzに比べて1.2MHzも狭いことや、放送局ではなく通信システムであることから、無線LANに関する無線設備規則の規定に準拠し、 $\pm 50 \times 10^{-6}$ とすることが適当である。

#### (2) 空中線電力の許容偏差

エリア放送に関する無線設備規則での空中線電力の許容偏差は、上限10%、下限20%と規定されており、厳格な空中線電力の安定度が要求されている。

WS 無線アクセス（試作機）の実証試験では、5MHz システムでの空中線電力の偏差は-20%となっており、エリア放送の規定の下限値である。

WS 無線アクセスから地上デジタルテレビジョン放送受信世帯への影響を考慮し、上限についてはエリア放送に関する無線設備規則の規定を適用して+10%とするが、下限については放送局でなく通信システムであることから、コスト面を考慮して無線LANに関する無線設備規則の規定に準拠して-80%とすることが適当である。

#### (3) スプリアス発射または不要発射の許容値

スプリアス発射または不要発射の許容値については、エリア放送に関する無線設備規則で以下のとおり規定されている。

- a. 470MHz以下及び710MHzを超える帯域
  - ・帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値は、100  $\mu$ W以下
  - ・スプリアス領域における不要発射の強度の許容値は、25  $\mu$ W以下
- b. 470MHzを超え710MHz以下の帯域  
「送信スペクトルマスク」に規定する値を準用する。  
ただし、 $f_c+15\text{MHz}$ を超える又は $f_c-15\text{MHz}$ 以下の周波数のスプリアス領域における不要発射の強度の許容値は、0.01nW以下とする。

この規定のなかで、470MHzを超え710MHz以下の帯域において「 $f_c+15\text{MHz}$ を超える又は $f_c-15\text{MHz}$ 以下の周波数のスプリアス領域における不要発射の強度の許容値は、0.01nW以下とする」については、非常に厳格な規格となっており、この規定をWS無線アクセスに適用するのは困難である。

一方、特定ラジオマイクに関する無線設備規則では以下のとおり規定されている。

- a. 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値
  - ・2.5  $\mu$ W 以下とする。
- b. スプリアス領域における不要発射の強度の許容値
  - ・中心周波数から $\pm 1\text{MHz}$  以内：2.5  $\mu$ W 以下とする。
  - ・上記以外の領域：4nW 以下とする。

この規定では、スプリアス領域における中心周波数から $\pm 1\text{MHz}$  以外の領域が4nW 以下とされており、エリア放送に関する無線設備規則の規定より約26dB 緩やかな規格になっている。

実証試験結果を踏まえてWS無線アクセスの基準を検討した場合、特定ラジオマイクに関する無線設備規則の規定に準拠した方がフィルタやシールド等の簡略化が可能となることから廉価で小型なシステムが実現でき、普及面でも有効であると思慮される。

よって、WS無線アクセスにおいては、特定ラジオマイクに関する無線設備規則の規定に準拠することとする。

但し特定ラジオマイクの規定にある、中心周波数から $\pm 1\text{MHz}$  以内の規定については、WS無線アクセスでは必要ないことから除くこととする。

#### (4) 送信スペクトルマスク

##### ① 5MHz システム

WS無線アクセスは、第1章の前提条件で述べたとおり広く普及し低価格である既存の2.4GHz帯無線LANシステムの技術を活用することを想定している。

このため基本的には送信スペクトルは、汎用2.4GHz帯無線LANシステムの送信スペクトルと同様となる。

このスペクトラムは、5MHzシステムではエリア放送に関する無線設備規則で規定している送信スペクトルマスクに対して隣接チャンネル領域において減衰量が約10dB不足している。

エリア放送に関する無線設備規則で規定する送信スペクトルマスクに適合させるためには、隣々接領域の送信スペクトルを改善する必要があり BPF 挿入等の対策が必要となる。

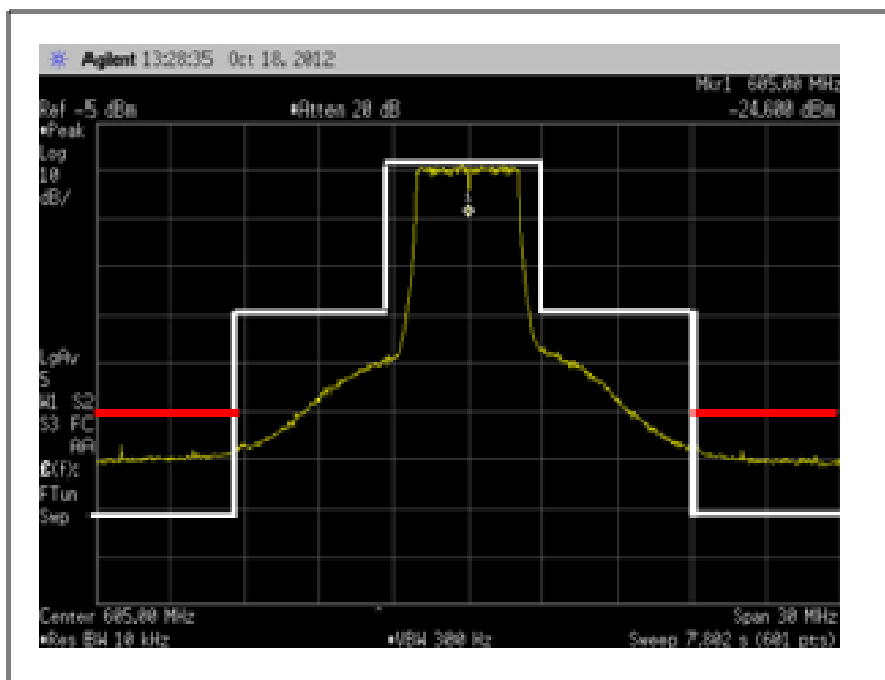
しかしこの BPF は、チャンネルごとに製作が必要であり、急峻な近傍減衰と低挿入損失が条件となり高いコストがかかるため普及面で大きな障害となる。

他の対策としてホワイトスペース専用の無線 LAN デバイスの開発による方法も考えられるが、莫大な開発費が必要であり、実現性は BPF 以上に困難である。

従って本調査検討会では、送信スペクトルマスクの隣々接領域については、エリア放送に関する無線設備規則の規定から最大 20dB (図 4.2.2 の赤ライン) まで緩和できることとし、この緩和量に見合う離隔距離を設けることを提案する。なお、40m を基準地点とした場合の緩和量に見合う離隔距離は次式で求めることとする。

$$r = 40 \times 10^{(a/20)}$$

※離隔距離  $r$  (m) 、緩和量  $a$  (dB)



縦軸 : 10dB/div 横軸 : 3MHz/div

図 4.2.2 5MHz システム送信スペクトルマスクの緩和案

上記の式で算出した送信スペクトルマスクの緩和量と離隔距離の関係について図 4.2.3 に例示する。

第 2 章の図 2.2.7 に示した干渉検討の受信モデル (実効輻射電力が 10mW 場合、 $1/N$  が  $-10\text{dB}$  となる離隔距離は 40m) を基準に、同モデルで隣々接チャンネル領域の送信スペクトルマスクを 20dB 緩和した場合は、図 4.2.3 より離隔距離は 400m となる。同様に 10dB 緩和した場合は、離隔距離 126m となる。

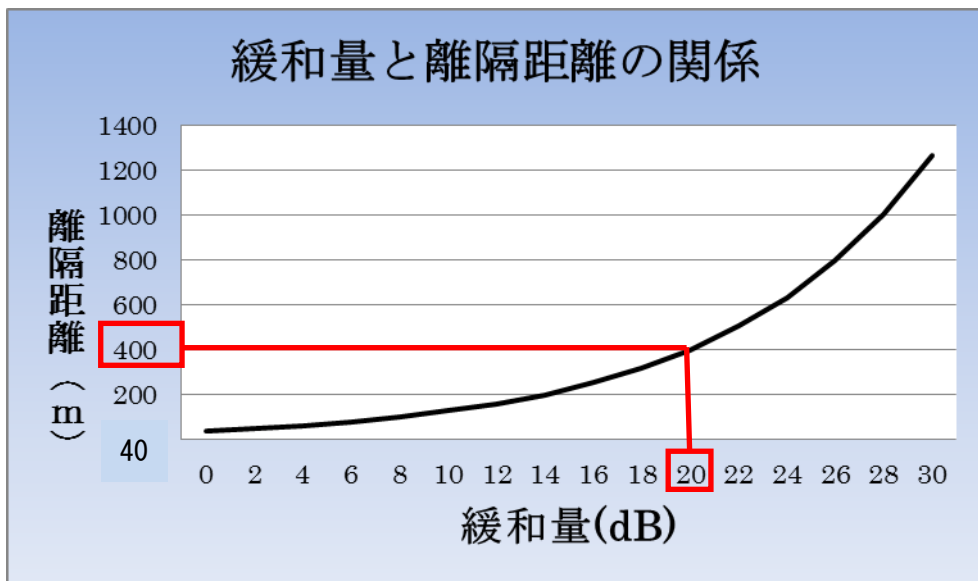


図 4.2.3 緩和量と離隔距離の関係

② 10MHz システム

10MHz システムでは今回の試作装置では送信スペクトルマスクの隣々接領域については、20dB 緩和してもエリア放送に関する無線設備規則の規定を満足することができず、高コストになるが BPF による対策が避けられない。なお、BPF を挿入することによりほぼ規定を満足する結果となった。(図 4.2.4 参照)

10MHz システムについては、地上デジタルテレビジョン放送 2 チャンネル分の連続したチャンネルの割り当てが必要であるものの、データ伝送の高速化が図れることから一定の需要も見込まれる。

従って、10MHz システムは、高価なシステムになるが 5MHz システムの BPF と比べると安価であり小型化も可能であることを考慮し、BPF の挿入により隣々接部分のスペクトルの改善を図るものとし、送信スペクトルマスクの緩和等の規定は設けないこととする。

送信出力 22.3dBm (171mW)

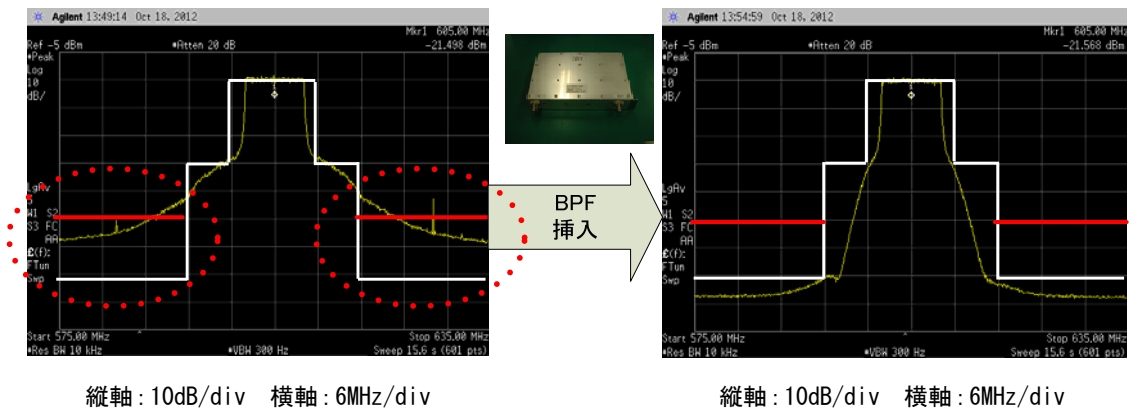


図 4.2.4 10MHz システム送信スペクトルマスク

(5) 混信保護基準

WS 無線アクセスから地上デジタルテレビジョン放送への隣接・隣々接チャンネル干渉（帯域外干渉）についての実証試験の結果より、隣々接チャンネルについては、エリア放送に関する電波法関係審査基準に規定される混信保護基準（上隣々接  $D/U=-29\text{dB}$ 、下隣々接  $D/U=-26\text{dB}$ ）を十分に満足していたが、隣接チャンネルについては、 $D/U$  が  $-20\text{dB}$  以下にて干渉が発生することを確認した。

よって、隣接チャンネル干渉（帯域外干渉）における混信保護基準については、エリア放送に関する電波法関係審査基準の規定から、実証試験の結果に若干のマージンを加味し  $D/U=-20\text{dB}$  とすることが適当である。

また、隣々接チャンネル干渉（帯域外干渉）については、エリア放送に関する電波法関係審査基準に規定される混信保護基準に準拠することが適当である。

なお、同一チャンネル、隣接チャンネル及び隣々接チャンネルの帯域外干渉については、第2章の机上検討において、エリア放送に関する電波法関係審査基準に規定される混信保護基準に準拠し  $I/N=-10\text{dB}$  とすることが適当としている。

混信保護基準の検討結果を表 4.2.2 に示す。

表 4.2.2 混信保護基準の検討結果

希望波	妨害波	周波数差	混信保護基準	
			帯域外干渉 (D/U)	帯域内干渉 (I/N)
地上デジタル テレビジョン 放送	WS 無線アクセス	同一チャンネル	—	-10dB
		上隣接	-20dB	-10dB
		上隣々接	-29dB	-10dB
		下隣接	-20dB	-10dB
		下隣々接	-26dB	-10dB

## 第5章 まとめ

### 5.1 WS無線アクセスの技術基準案等のまとめ

WS無線アクセスについて、第2章の机上検討結果及び第3章の実証試験を踏まえた検討結果から、本調査検討会として以下のとおり技術基準案を提案する。

表 5.1.1 WS無線アクセスの技術基準（案）

No	項目	WS無線アクセスの技術基準（案）
1	占有周波数帯域幅 及び送信中心周波数 等	占有周波数帯域幅 ・ 5MHz システム：4.5MHz ・ 10MHz システム：9MHz  送信中心周波数 ・ 5MHz システム：チャンネルセンター+1/7MHz ・ 10MHz システム：チャンネルとチャンネルの境から+1/7MHz （搬送波の周波数：周波数帯幅の中央の周波数）  多重方式：OFDM  変調方式：BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
2	送信周波数の 許容偏差	・ $\pm 50 \times 10^{-6}$
3	空中線電力と許容偏 差及び送信空中線の 絶対利得	・ 空中線電力：130mW/ch 以下  ・ 許容偏差：上限+10% 下限：-80%  ・ 送信空中線の絶対利得：2.14dB 以下（但し、実効輻射電力が、絶対利得 2.14dB の空中線に本項に規定する空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を空中線の利得で補うことができるものとする）
4	スプリアス発射又は 不要発射の強度の許 容値	・ 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値 2.5 $\mu$ W 以下 ・ スプリアス領域における不要発射の強度の許容値 4nW 以下
5	副次的に発する電波 等の限度（受信設備）	4nW 以下とする。



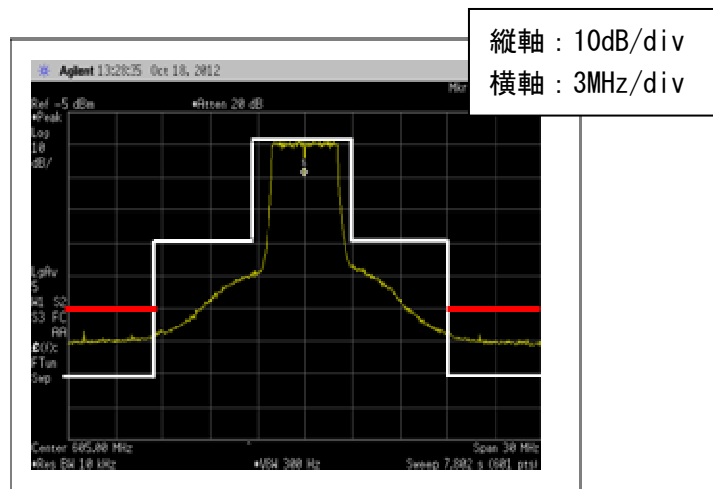
6 送信スペクトルマスク

① 5MHz システム

- ・ エリア放送の送信スペクトルマスクの規定を準用
- ・ 但し、隣々接チャンネル領域については、エリア放送に関する無線設備規則の規定から最大 20dB 緩和（下図の赤ライン）できるものとし、この緩和量に見合う離隔距離を設けることとする。離隔距離については40mを基準地点として次式で求める。

$$r = 40 \times 10^{(a/20)}$$

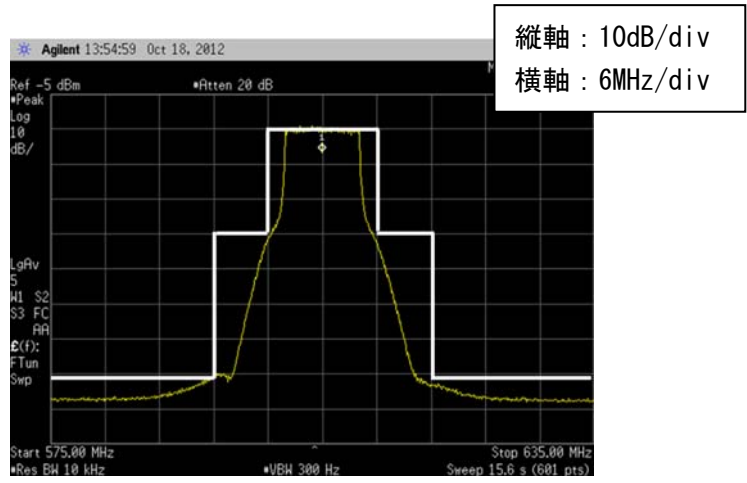
※離隔距離  $r$  (m)、緩和量  $a$  (dB)



搬送波の周波数からの差	平均電力 P からの減衰量	規定の種類
±2.79MHz	-27.4dB/10kHz	上限
±2.86MHz	-47.4dB/10kHz	上限
±3.00MHz	-57.4dB/10kHz	上限
±9.00MHz	-57.4dB/10kHz	上限
±9.00MHz	-80.0dB/10kHz	上限

② 10MHz システム

隣接チャンネル領域については、エリア放送に関する無線設備規則の規定から最大 20dB 緩和しても基準を満足しなため、高コストにはなるが BPF による対策を行い、全ての帯域において、エリア放送に関する無線設備規則の規定に準拠するものとする。



搬送波の周波数からの差	平均電力 P からの減衰量	規定の種類
±5.58MHz	-27.4dB/10kHz	上限
±5.72MHz	-47.4dB/10kHz	上限
±6.00MHz	-57.4dB/10kHz	上限
±12.00MHz	-57.4dB/10kHz	上限
±12.00MHz	-100.0dB/10kHz	上限

表 5.2.2 混信保護基準（案）

希望波	妨害波	周波数差	混信保護基準	
			帯域外干渉 (D/U)	帯域内干渉 (I/N)
デジタル放送	WS 無線アクセス	同一チャンネル（注）	—	-10dB
		上隣接（注）	-20dB	-10dB
		上隣々接（注）	-29dB	-10dB
		下隣接（注）	-20dB	-10dB
		下隣々接（注）	-26dB	-10dB

注) 10MHz システムの場合：同一チャンネル=±6MHz、上隣接=+6MHz～+12MHz、上隣々接=+12MHz～+18MHz  
下隣接=-6MHz～-12MHz、下隣々接=-12MHz～-18MHz

## 5.2 WS 無線アクセスの実用化のための課題等の検討

WS 無線アクセスを広く普及するための方策についても検討を行い、その検討内容及び提案等について以下のとおりとりまとめた。

### (1) 混信保護基準の緩和について

ITU-R REC. BT. 1895 では、放送の保護を目的に一次業務以外の混信保護基準は I/N=-20dB を上回らないこととされている。

今回のWS無線アクセスの混信保護基準の検討のために実施した工場試験及びフィールド試験の結果から I/N=-10dB としても特段の支障がないものと考えられる。

一次業務以外であっても国内では I/N=-10dB を基本とするよう基準を緩和することでホワイトスペースの利用促進が図られるものと思慮される。

### (2) 干渉波の受信モデルでの離隔距離の短縮についての検討

4.2 項で地上デジタルテレビジョン放送の受信ブースター障害防止のモデルにより WS 無線アクセスの干渉離隔距離が 400m となることについて述べたが、この離隔距離を短縮する方法として相互システムのアンテナ交差偏波による改善が考えられる。地上デジタルテレビジョン放送受信アンテナと WS 無線アクセスのアンテナの偏波面が直交して設置されている場合に偏波面効果が期待できる。

この偏波面効果は、ITU の勧告および電波法関係審査基準において 16dB とされている。

また、情報通信審議会情報通信技術分科会（第 56 回）にて、答申された「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に関する技術的条件」に関する一部答申の報告書の中で、地上デジタルテレビジョン放送とギャップフィルタの偏波面を直交させることで偏波面効果を 15dB 確保できるとしている。

したがって、この偏波面効果を 15dB と想定した場合の距離換算は 70m となる。すなわち、最小離隔距離が 70m となる可能性がある。ただし、該当するチャンネルでの地上デジタルテレビジョン放送受信者がこの範囲にいないことが必要である。

離隔距離が 400m から 70m に短縮されることにより、干渉検討の対象となる家屋、世帯が大幅に少なくなることからシステム設計が容易になると考える。

例として今回の調査検討会でフィールド試験を実施したえびの市役所に WS 無線アクセスを設置した場合の離隔距離別の干渉検討対策が必要なエリアのイメージを図 5.3.4 に示す。市役所から 400m の範囲では家屋が数多く存在するが、70m の範囲はほぼ市役所と隣接の学校の敷地のみとなり設置条件の検討が容易となる。

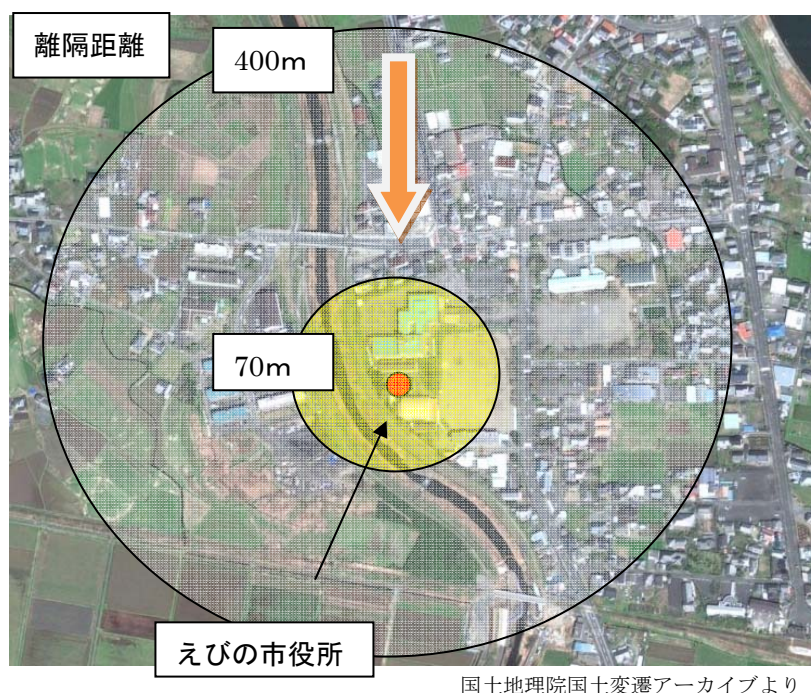


図 5.3.4 離隔距離短縮による干渉検討対象エリアのイメージ図

### (3) WS 無線アクセス普及のための技術的課題

4.2 項で、廉価で小型の装置実現のための方策として一般的な無線 LAN を流用した隣々接チャンネル部分のスペクトルの緩和案について検討結果を述べた。

しかしながら、エリア放送に関する電波法審査基準の規定である  $1/N=-10\text{dB}$  の規格を満足するためには離隔距離を 400m とる必要がある。このことは、システム設置条件に大きな制約となりシステム普及についてネックとなる。

従って、この  $1/N=-10\text{dB}$  の規定を満足する装置の開発等が望まれるが、その方策についての実現性と課題について考察する。

#### ① 専用デバイスの開発

送信スペクトルマスクの基準を満足させるには、隣々接チャンネル部分のノイズフロアを改善が不可欠であり、第一義的にはこれ改善する部品および回路の高性能化を図ることが装置の小型化のうえからも望まれる。但し開発経費が膨大となる。

② フィルタの小型化

本調査検討会では WS 無線アクセスの送信出力部へ帯域通過型フィルタを挿入することで送信スペクトルマスクの改善を行った。しかし、特殊な帯域通過型フィルタとなり高いコストがかかるものとなった。

このフィルタそのものの小型軽量化についてはいくつかの方法が考えられるが、チャンネル毎のフィルタが必要となり、接続のためのコネクタ出力等装置構造が複雑になり、システム全体としての小型軽量化については懸念される。

③ アレーアンテナの使用による指向性（ヌル点）の制御

アンテナの放射素子をほぼ等間隔で線形や円形等の形に並べることで高い利得を実現できる。さらに各素子の給電部で位相を制御することで主ビーム方向を制御でき、さらに給電部における振幅や素子間の結合係数を制御することでヌル点を所望の方向に設けることができ、他の通信への混信を軽減できるものと思慮される。

④ 干渉回避技術の使用（DAA : Detect and Avoid）の使用

データベースや検知により混信を与えうる可能性が生じた場合に、周波数選択、電力制限、時空間信号処理等を行うことでそれを回避する技術の実現が望まれる。

(4) システムの小型軽量化について

現行の 2.4GHz 無線 LAN システムは、消費電力 5W 以下、汎用型の価格は数千円からあり非常に廉価である。また、大きさは以下の例に示すように小型化されている。また、装置組み込みとして専用 IC 化およびモジュール化により非常に小型化されている。



一体型例 : 100×105×22mm



組み込みユニット例 : 36×40×7mm

図 5.3.6 2.4GHz 無線 LAN システム外観図

一方、UHF 帯を使用した場合、専用デバイスの開発を行ったとしても、送信部の小型化の困難性もあり、装置の大きさは 10mW/MHz 程度の小出力タイプにおいて図 5.3.7 の装置程度（大きさ : 150×100×30mm 程度）が想定され、他に電源等も必要である。いずれにしろ装置の小型軽量化については課題として残る。



図 5.3.7 WS 無線アクセス外観イメージ

(5) 他二次業務システムとの共用検討の現状および課題

特定ラジオマイク及びエリア放送システムの運用調整にあたっては運用調整協議会で実施され、今後そのほかのシステムの共用についても検討するとされている。

ホワイトスペースを有効に使用し、普及させるためには複数の二次業務システムが同時に運用することも必要と考えられる。

他二次業務システムとの共用については相互のシステムにおいて他共用システムへ干渉を与えにくくすることも必要である。

共用する際に他のシステムへの干渉を減らす手段として以下の方策等について検討する必要がある。

- ① 通信品質を確保した上での送信出力の自動調整機能
- ② 固定局では指向特性の高いアンテナの採用
- ③ 他システムからの干渉波の検出による運用の停止
- ④ 地上デジタルテレビジョン放送局および二次業務システムの詳細データベース化により使用可否を自己判断する機能

### 5.3 おわりに

本調査検討会での検討結果により、既存の無線アクセス等では、地形や建物によって電波が遮られて通信が難しかった場所でも、WS無線アクセスを使用すれば通信が可能となる場合があり、通信エリアが大きく広がり、コストの問題や伝送速度の問題でブロードバンドの普及が遅れている山間部等のブロードバンド普及に活用されることが期待される。

今回の調査検討会では、WS無線アクセスの実用化に向けた利用モデルも提案しており、今後、小型軽量で安価なWS無線アクセスシステムの開発がすすめられていくことが望まれる。

現在、米国などではスーパーWi-Fiをはじめとするホワイトスペースを利用した無線ブロードバンドシステムの実用化が急ピッチですすめられており、国内においても同様に無線ブロードバンドシステムの開発・実用化に期待する声は多い。

光ファイバー等によるブロードバンドの環境整備が遅れている山間部等において、WS無線アクセスは課題解決の有効なツールとなることが予想されるが、実用化のためにはシステムの技術基準策定が急務である。

本調査検討会ではこれらの要請に応え、地上デジタル放送への混信を与えないことを前提条件に、実現性が高く、普及しやすいシステムを念頭に技術基準案の検討を行った。

さらに、WS無線アクセスの一層の小型軽量化や低コスト化に向けた検討・開発がすすむことに寄与するために、モデルシステムも提示した。

本調査検討会の検討結果が、無線設備規則等の改正や米国電気電子学会（IEEE）などの国際規格の策定に活用され、より安価で使いやすいシステムとして早期に実用化されることを期待したい。