

「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」

ホワイトスペース利活用セミナー2013
平成25年6月4日

総務省九州総合通信局無線通信部 部長 小川英一

平成23年度調査検討会

既存の無線アクセスシステム（2.4GHz帯、5GHz帯等）は、深山間部等(究極のブロードバンド・ゼロ地域)では、その周波数の特性により到達距離が短いことから、当該地域での無線伝送システム構築が高コストとなり、利用が進まない要因となっています。

このような地域においては、UHF帯による無線アクセスシステムが効果的と思われることから、ホワイトスペースを活用した広帯域無線伝送システムの無線技術について調査検討を行い、周波数有効利用の一層の促進を図ります。

- ・ 険しい山岳地域や沢沿い等複雑な地形に対応する特性を持つ周波数帯による無線システムが必要。
- ・ 対象は小規模集落が想定されるため、伝送する情報量（伝送速度）は比較的小さくてよい。

UHF帯ホワイトスペースを有効利用

条件に合った周波数特性を持つUHF帯のホワイトスペースによる実証試験を実施し、その結果を踏まえて…。

究極のブロードバンドゼロ世帯解消のための無線基盤整備と過疎地域のニーズに応えるアプリケーションの構築可能性を提言。

※ 想定される利活用アプリケーション

- ①独居老人等の見守りシステム
- ②災害危険個所の映像定点観測
- ③災害時迅速な非難誘導・出動体制
- ④有害獣による森林・農作物被害対策

地デジ放送のホワイトスペース

※放送用などある目的のために割り当てられているが、地理的条件や技術的条件によって他の目的にも利用可能な周波数。



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イメージ図

平成23年度調査検討会（背景と目的）

○九州の情報通信基盤整備の課題

①ブロードバンド普及率が全国と比べて非常に低い

⇒中山間地に居住する世帯が多いという地理的な条件が一因

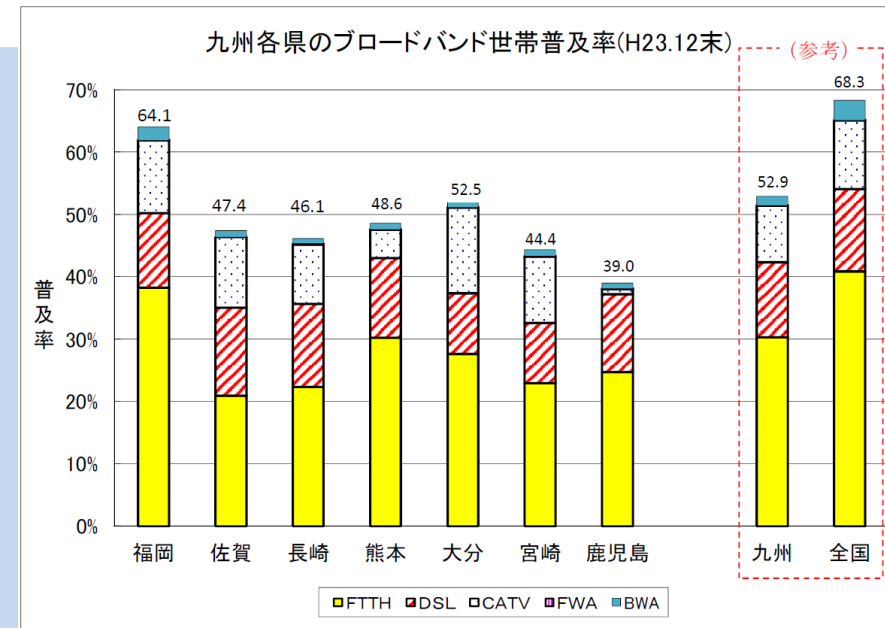
⇒既存の有線、無線の通信回線は伝送特性・容量による制約やコスト面が課題

②非常災害時の情報収集・伝達体制が不十分

⇒多様な通信手段の確保が必要

③周波数の確保が困難

⇒中山間地における無線回線の構築には、遮蔽に強い性質をもつVHF帯、UHF帯の周波数の使用が有効であるが、周波数は逼迫しており、専用の周波数を新たに確保することは非常に困難



○課題解決のために

山陰等にもある程度回り込む性質を持つUHF帯のホワイトスペースを活用した広帯域無線伝送システム(WS-UHF帯無線アクセスシステム)の実用化を目指す

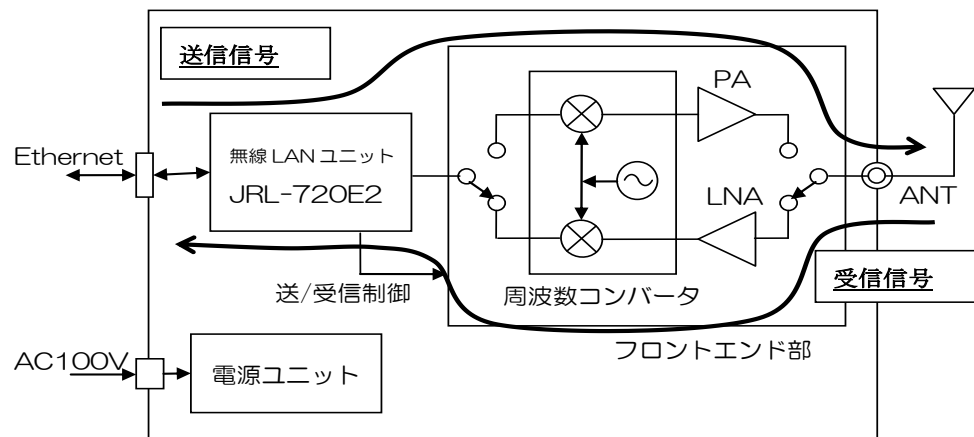
⇒平成23年度は、試作機による実証試験等により、その有効性を検証する

平成23年度調査検討会（実証試験装置の試作）

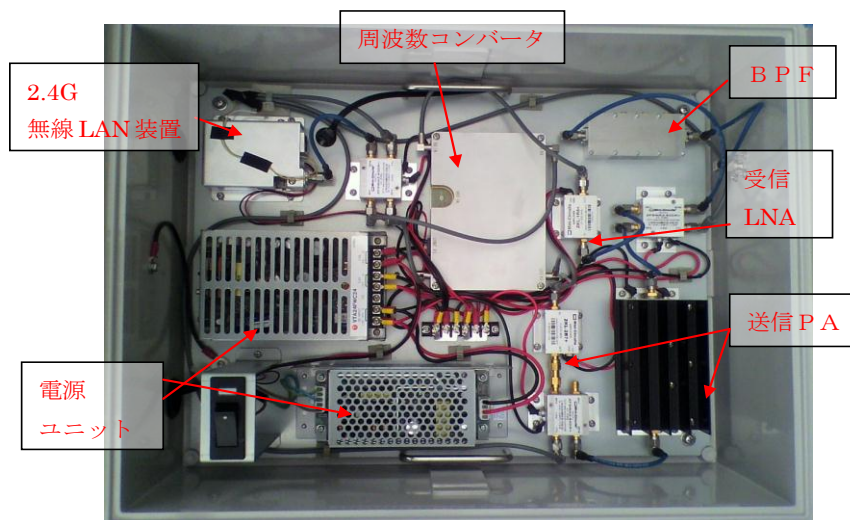
既存の無線アクセスシステムとの比較等によりWS-UHF帯無線アクセスシステムの有効性を実証するために、実証試験用の装置を試作した。

周波数	605MHz
占有周波数帯幅	5MHz及び10MHz
伝送容量	5MHzシステム: 1.5/2.25/3/4.5Mbps
	10MHzシステム: 3/4.5/6/9Mbps
変調方式	OFDM: BPSK、QPSK以上
送信出力	10mw/MHz
アンテナ	八木型アンテナ 10dBi以上
	八木型アンテナ 15dBi以上
	高利得無指向性アンテナ 5dBi以上

試作装置の主な諸元



試作装置のブロック図



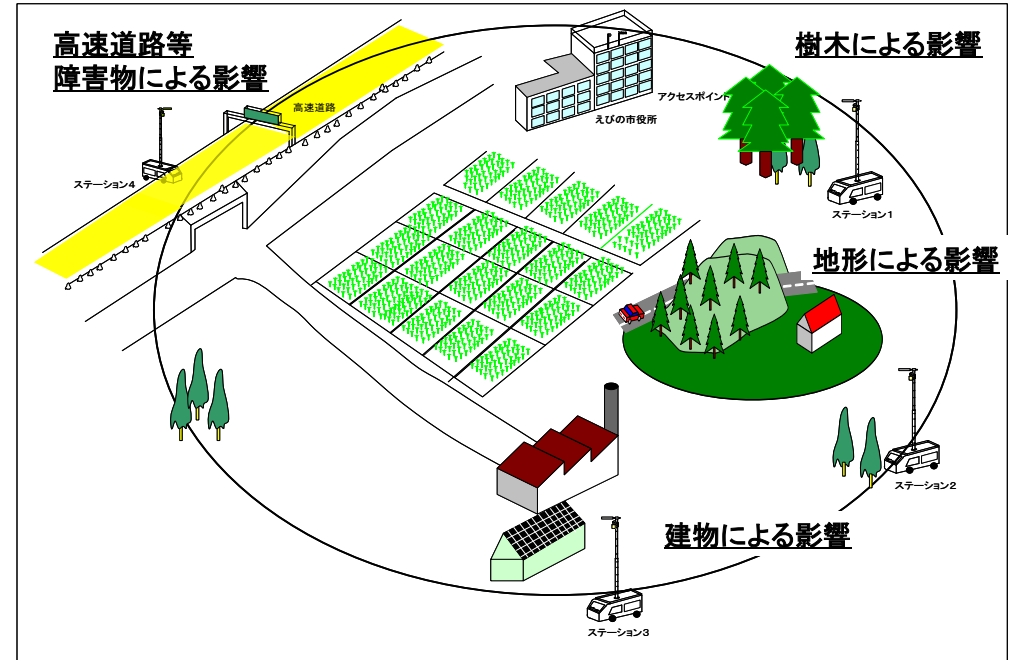
試作装置の機器配置図

平成23年度調査検討会（実証試験及びその結果）

実証実験

測定ポイント選定数

	見通し地点	7ヶ所
障害物による影響	樹木による影響	18ヶ所
	リッジ(地形)による影響	4ヶ所
	高速道路・建物による影響	7ヶ所
	屋内との通信	2ヶ所



障害物による影響測定イメージ図



結果

障害物による遮蔽がある場合でも、電波の回り込み等により約10倍のエリアで回線構築が可能であるなど、WS-UHF帯無線アクセスシステムの有効性を確認。

課題

早期の実用化を図るためには、地上デジタル放送等との共用条件を明らかにし、与干渉に関する保護基準策定のための検討が必要。

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

調査検討会の目的

WS無線アクセスシステムの実用化に向けて、実証試験の実施等により周波数共用条件等を明らかにし、必要な技術基準の策定等に資することを目的とする。

前提条件

- ・地デジ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。
- ・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。
- ・地デジ放送に対する混信を生じさせないこと。
- ・ホワイトスペースを利用する他の無線通信システムの将来における発展的導入に配慮すること。

検討会構成員

(五十音順 敬称略)

◎座長

○副座長

- ◎ 尾家 祐二 国立大学法人九州工業大学 理事・副学長
- 中島 雅三 株式会社NHKアイテック 九州支社 送信ネットワーク技術部 技術部長
- 中満 敦雄 えびの市 総務課 主幹
- 福迫 武 国立大学法人熊本大学大学院 自然科学研究科 情報電気電子工学専攻 准教授
- 佐々木 博之 一般社団法人電波産業会 研究開発本部 放送グループ 主任研究員
- 野村 忠生 一般社団法人日本CATV技術協会 九州支部 副支部長
- 広岡 淳二 一般社団法人九州テレコム振興センター 事務局長
- 古郡 浩 日本通信機株式会社 厚木工場 技術部 放送グループ グループリーダー

作業部会構成員

(五十音順 敬称略)

◎作業部会長

- 石垣 悟 日本無線株式会社 ソリューション事業本部 ソリューション技術部 担当部長
- 佐々木 博之 一般社団法人電波産業会 研究開発本部 放送グループ 主任研究員
- ◎ 福迫 武 国立大学法人熊本大学大学院 自然科学研究科 情報電気電子工学専攻 准教授
- 広岡 淳二 一般社団法人九州テレコム振興センター 事務局長
- 古郡 浩 日本通信機株式会社 厚木工場 技術部 放送グループ グループリーダー

WS無線アクセスの技術基準案

※ 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検討。

(1) 占有周波数帯幅

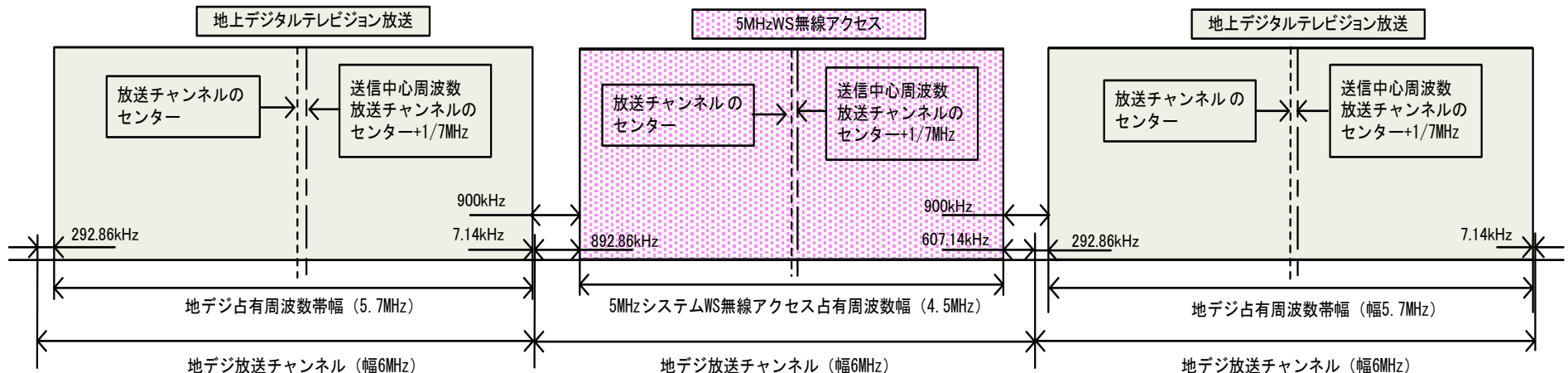
本WS無線アクセスの占有周波数帯幅は、既存の小電力データ通信システム（以下、「無線LAN」という。）の技術を活用するシステムであることから無線LANに関する無線設備規則の規定を適用することが適当。

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

(2) 送信周波数（搬送波）

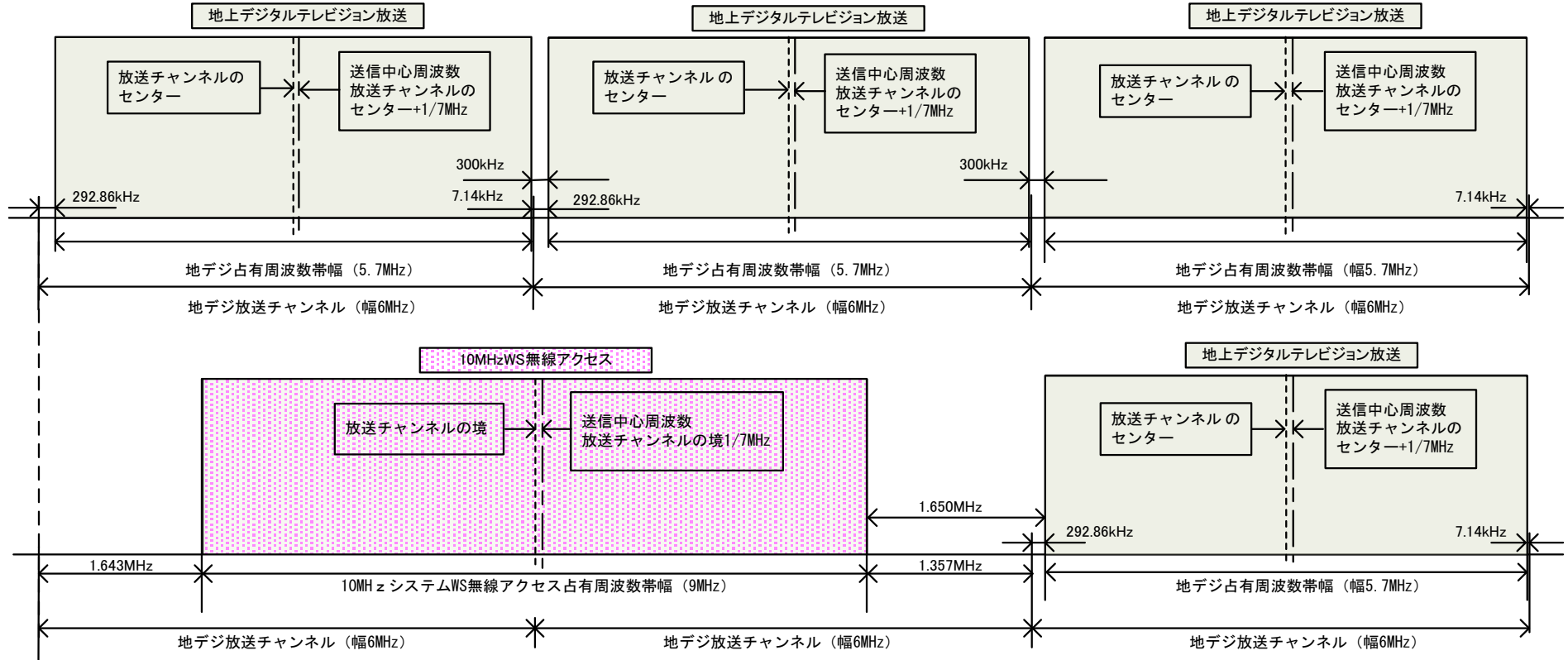
・ 5MHzシステムは、地上デジタルテレビジョン放送と同様に、隣接チャンネルへの与干渉を考慮して送信中心周波数はチャンネルセンターから+1/7MHzシフトさせることが適当。

※ 地上デジ放送、エリア放送システムにおいて送信中心周波数はチャンネルセンター+1/7MHz。同様とすることにより上下のチャンネル間隔が同じに保たれる。



（2）送信周波数（搬送波）（続き）

・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チャンネルとチャンネルの境から+1/7MHzを送信中心周波数とすることが適当。



（3）空中線電力及び空中線の絶対利得

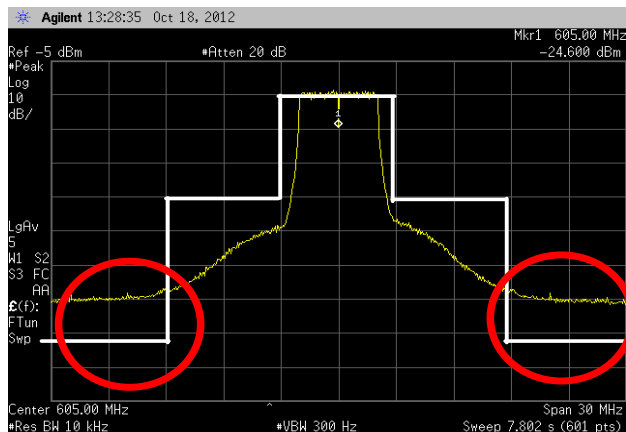
空中線電力については、エリア放送に関する無線設備規則の規定を適用して130mW/ch以下とすることが適当。

送信空中線の絶対利得は2.14dB以下とする。ただし、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が適当。

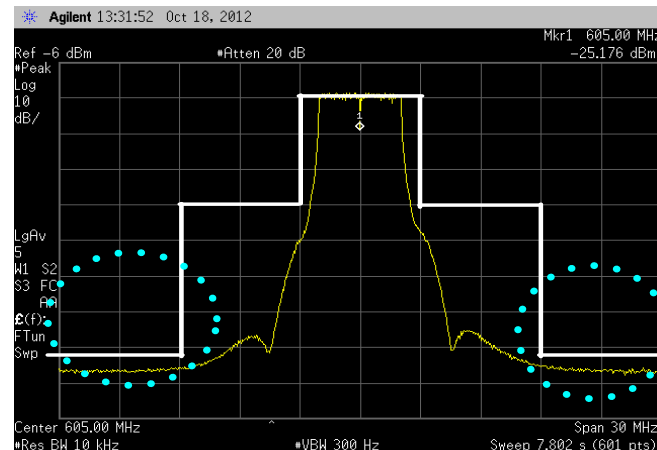
実証試験（送信スペクトルマスクの改善）

バンドパスフィルタ挿入により送信スペクトルマスクが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確認された。（ただし、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。）

5MHzシステム
送信出力: 19.7dBm(93mW)

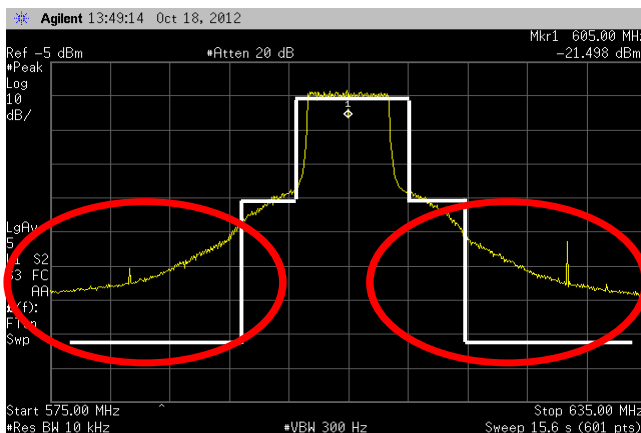


BPF
挿入

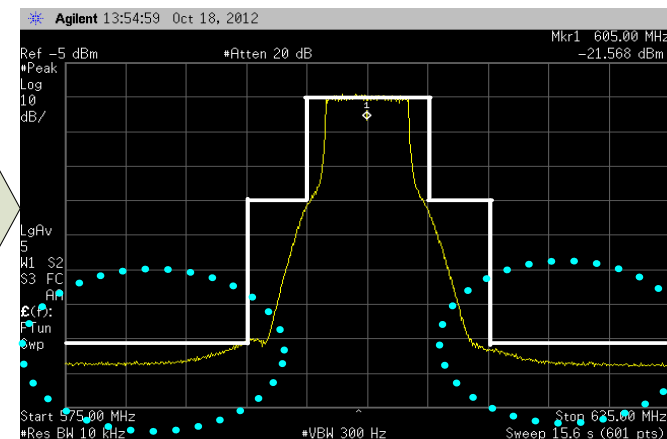


縦軸: 10dB/div、横軸: 3MHz/div

10MHzシステム
送信出力: 22.3dBm(171mW)



BPF
挿入



縦軸: 10dB/div、横軸: 6MHz/div

実証試験 (フィールド試験のイメージ図)

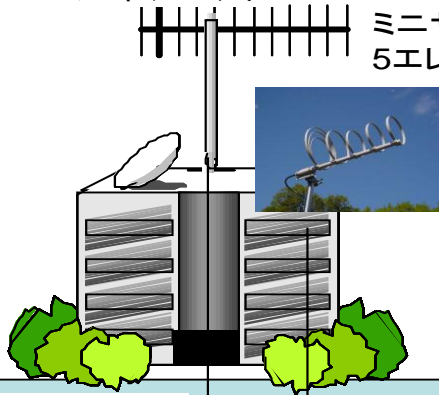
- ①同一チャネル干渉試験
- ②隣接チャネル干渉試験
- ③隣々接チャネル干渉試験

1.26km

えびの市役所

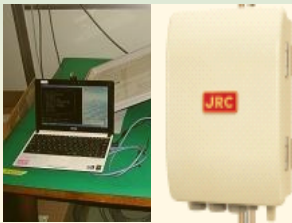
WS無線アクセス用
12エレ八木アンテナ

ミニサテ送信用
5エレリングアンテナ



えびの市役所屋上

通信用
WS無線アクセス



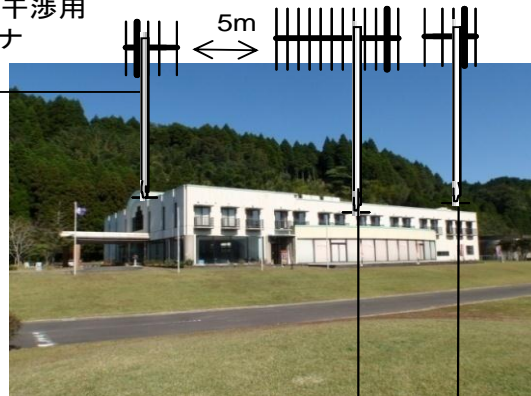
疑似地デジ放送局
(ミニサテ)



国際交流センター

地デジ受信用 12エレ八木アンテナ
WS無線アクセス用 5エレ八木アンテナ

5m



国際交流センター屋上

妨害用
WS無線
アクセス

アッテネータ



国際交流センター会議室

地デジTV受信
システム

アッテネータ

分配器



MER・BER測定
スペクトル測定



モニターTV

通信用
WS無線
アクセス

アッテネータ



実証試験（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

WS無線アクセスの技術基準案

(4) 送信周波数の許容偏差

占有周波数帯幅をエリア放送システムの5.7MHzから4.5MHzに狭めたこと及び放送局ではなく通信システムであることから現行の無線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。

※ 試作機測定結果： $-14.8 \sim -23.2 \times 10^{-6}$

(5) 空中線電力の許容偏差

空中線電力の許容偏差については、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現行の無線LANに関する無線設備規則の規定に準拠し、 -80% とすることが適当。

※ 試作機測定結果： $-6.8 \sim -20\%$

(6) スプリアス発射または不要発射の許容値

実証試験結果を踏まえ、ホワイトスペースを使用する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が適当。(エリア放送に関する無線設備規則の規定は放送局であるため厳格な規定となっている。)

- ・ 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 μ W 以下とする。 ※ 試作機測定結果：17.9～21.4 μ W(BPFなし)

- ・ スプリアス領域における不要発射の強度の許容値

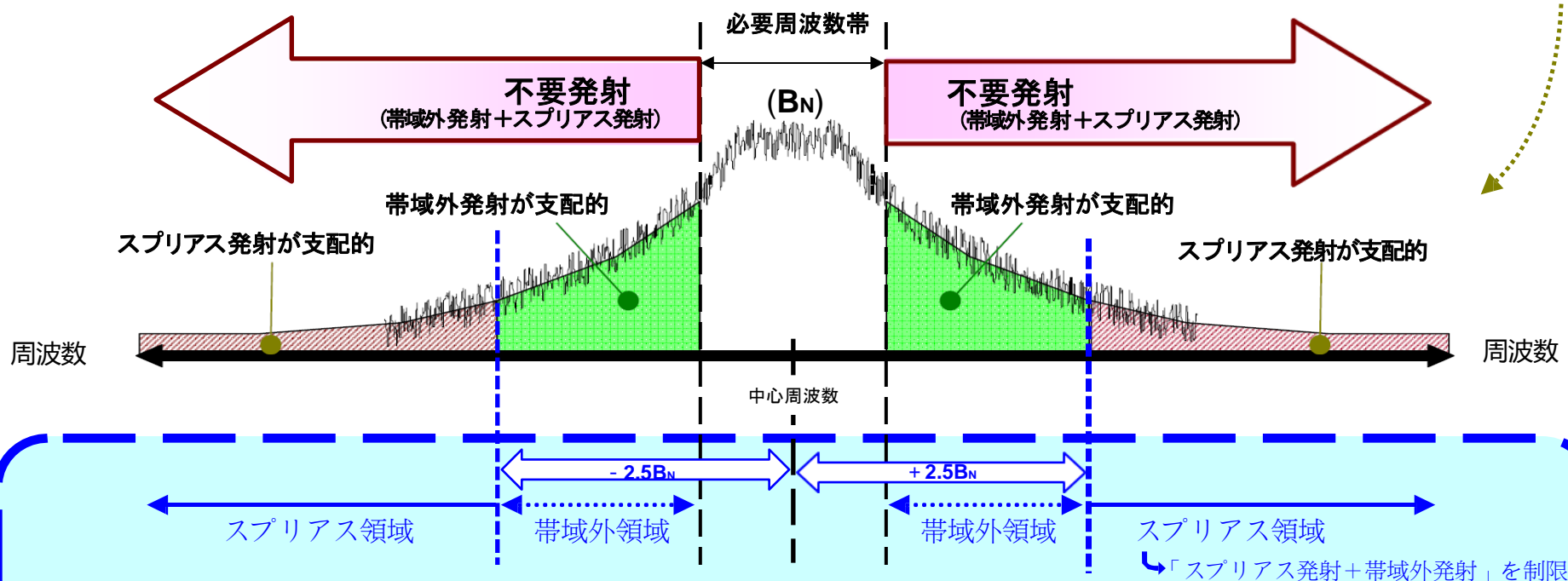
4nW 以下とする。 ※ 試作機測定結果：9～36nW(BPFなし)

スプリアス発射は、通信を行うのに不必要なものであるばかりでなく、他の通信に有害な混信を与えることもあるので、最低の量に制限する必要がある。

旧RR規定では、必要周波数帯の外側のスプリアス発射の強度の許容値が定められている。

スプリアス発射：必要周波数帯の外に生じ、かつ情報の伝送に影響を及ぼすことなく低減し得る不要発射

帯域外発射：変調の過程において必要周波数帯の外に生じ、スプリアス発射を除く不要発射



RRのスプリアス関連規定の改正のポイント

実運用状態における不要発射を低減させるため、実運用状態（変調状態）で測定を行い、中心周波数から必要周波数帯幅の±250%離れた周波数を境界にスプリアス領域と定め、スプリアス領域における帯域外発射を含む不要発射について制限を設けた。

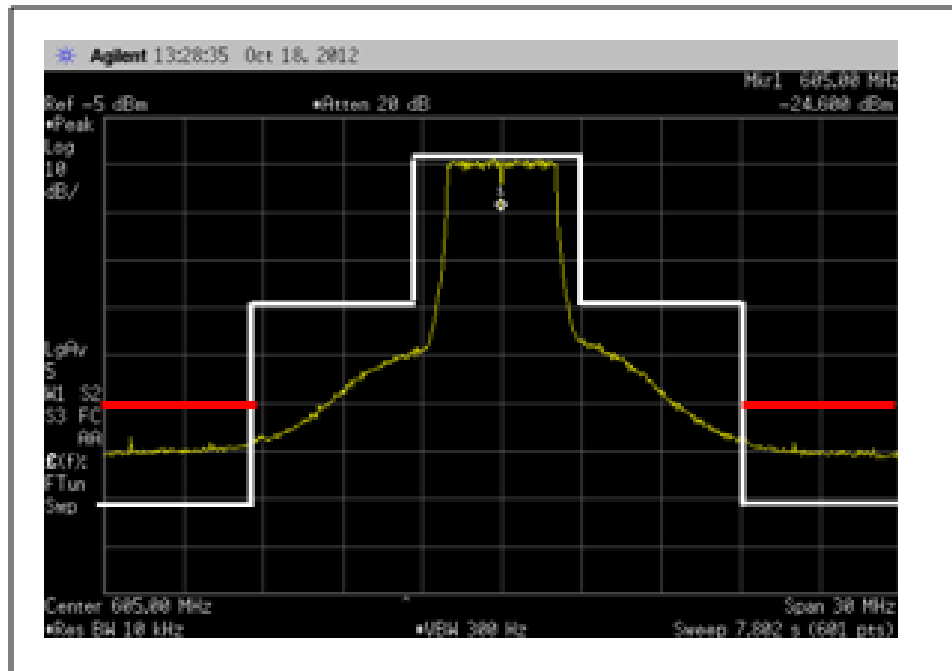
(7) 送信スペクトルマスク

① 5MHzシステム

エリア放送に関する無線設備規則の規定(平均電力 $P \geq 10\text{mW}$ の場合)を準用することが適当。但し、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を満足することができず、バンドパスフィルター(BPF)による対策もコスト面で困難であることから最大20dBまでマスクを緩和できるとし、これに見合う離隔距離を設けることが適当。

なお、離隔距離については40mを基準地点として次式で求める。

$$r = 40 \times 10^{(a/20)} \quad \text{※離隔距離}r(\text{m})、\text{緩和量}a(\text{dB})$$

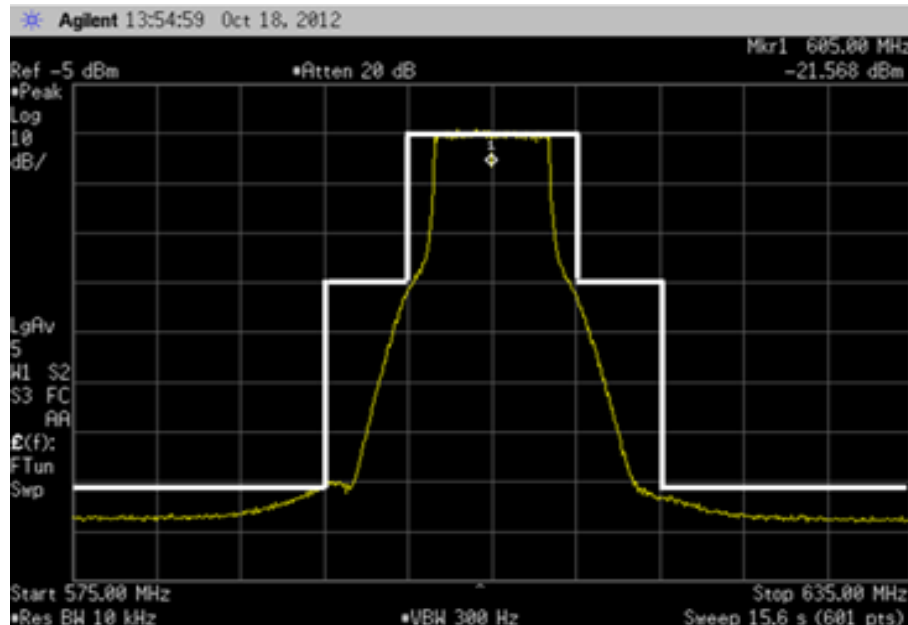


搬送波の周波数からの差	平均電力Pからの減衰量	規定の種類
±2.79MHz	-27.4dB/10kHz	上限
±2.86MHz	-47.4dB/10kHz	上限
±3.00MHz	-57.4dB/10kHz	上限
±9.00MHz	-57.4dB/10kHz	上限
±9.00MHz	-80.0dB/10kHz	上限

WS無線アクセスシステム5MHzシステムのスペクトルマスク
(白線はSTD-B55規格)

② 10MHzシステム

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緩和しても基準を満足しないため、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適合させることが適当。



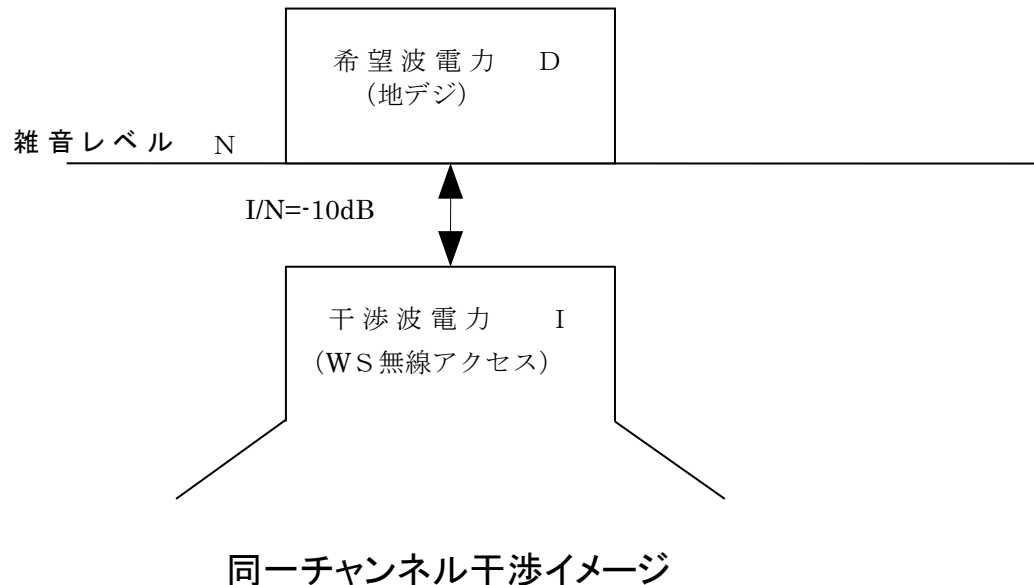
搬送波の周波数からの差	平均電力Pからの減衰量	規定の種類
±5.58MHz	-27.4dB/10kHz	上限
±5.72MHz	-47.4dB/10kHz	上限
±6.00MHz	-57.4dB/10kHz	上限
±12.00MHz	-57.4dB/10kHz	上限
±12.00MHz	-100.0dB/10kHz	上限

WS無線アクセスシステム10MHzシステムのスペクトルマスク
(波形はBPF対策後のもの)

(8) 混信保護基準

① 同一チャンネル干渉および隣接・隣々接チャンネル干渉(帯域内干渉)の混信保護基準

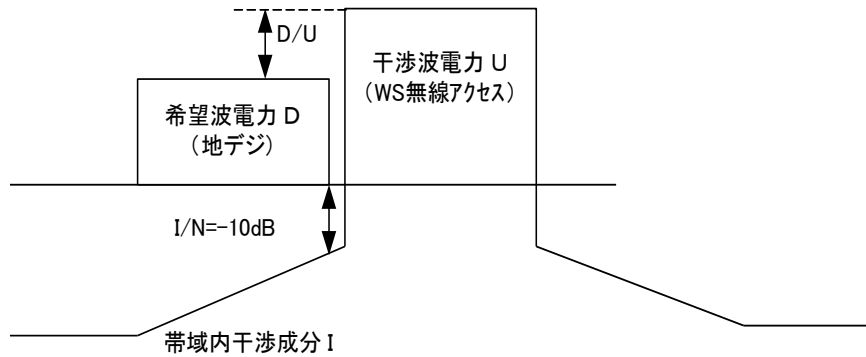
WS無線アクセスは、一次業務以外であることからその共用条件については、 $I/N = -20\text{dB}$ が適用されるが、エリア放送システムや特定ラジオマイクと同様に、WS無線アクセスが免許で管理されることを考慮し、エリア放送及び特定ラジオマイクに関する電波法関係審査基準の規定と同等に $I/N = -10\text{dB}$ とすることが適当。



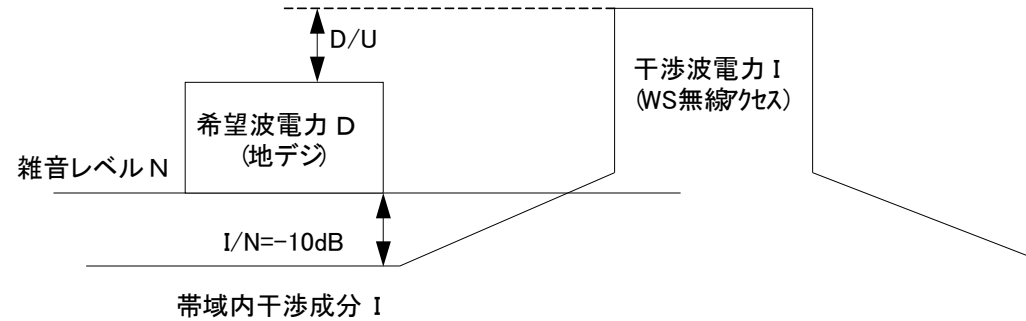
② 隣接・隣々接チャンネル干渉(帯域外干渉)の混信保護基準

帯域外干渉の混信保護基準については、隣接チャンネルにおいて $D/U=-20\text{dB}$ 、隣々接チャンネル以上離れた場合は、エリア放送に関する電波法関係審査基準に規定と同様とすることが適当。

※ 隣接の場合は帯域内干渉の基準を満たすことが困難で、エリア放送と同様に現実的には利用しないことが前提となる。



隣接チャンネル干渉イメージ



隣々接チャンネル干渉イメージ

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	-	-10dB
		上隣接	-20dB	-10dB
		上隣々接	-29dB	-10dB
		下隣接	-20dB	-10dB
		下隣々接	-26dB	-10dB

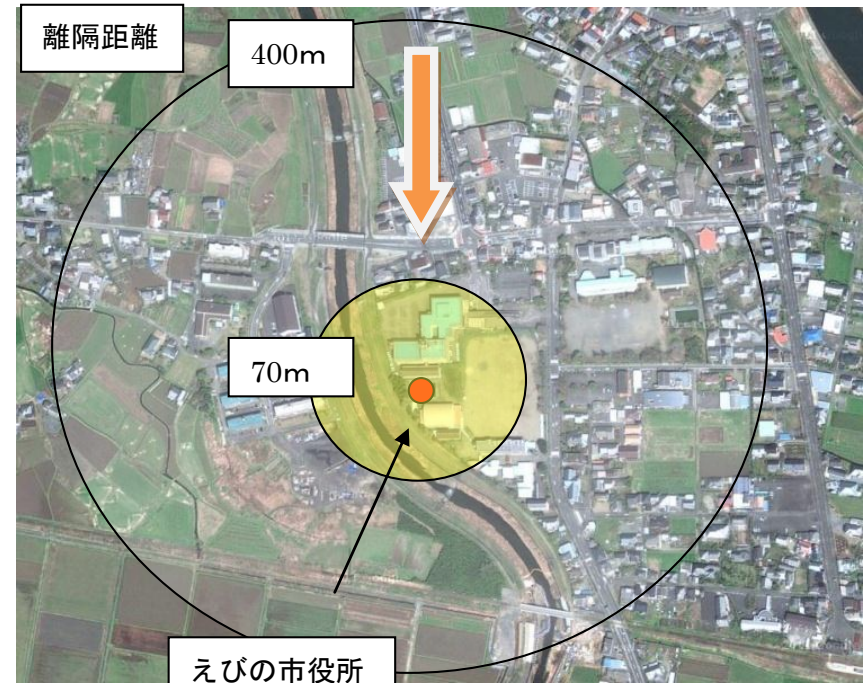
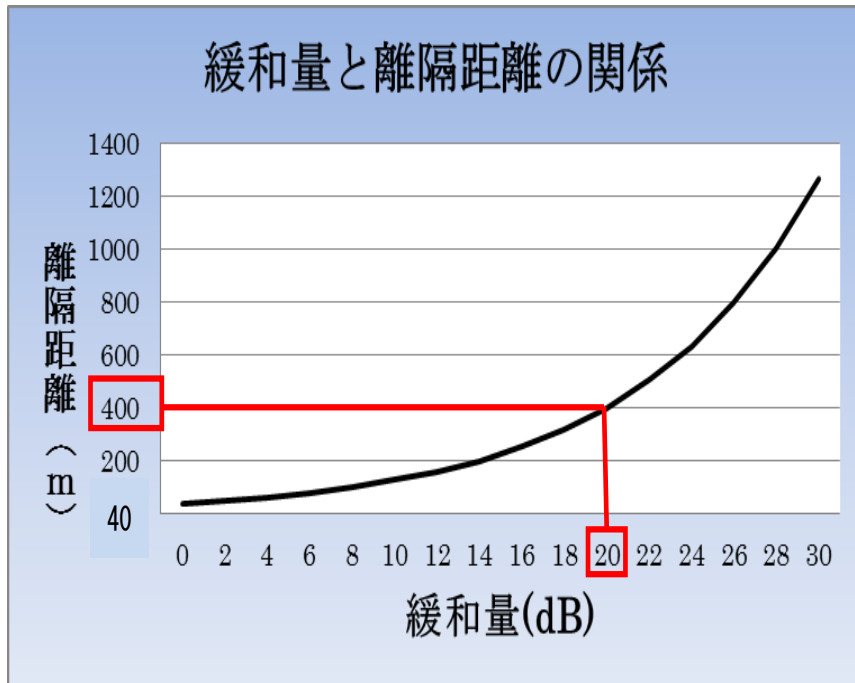
実用化のための課題等

○ 離隔距離短縮についての検討

緩和量を大きくすると離隔距離が増大
例: 20dB緩和した場合、離隔距離 400m



地デジ放送との偏波面を直交させることにより
離隔距離が 400m → 70m となる可能性
(偏波面効果を15dBと想定した場合)



国土地理院国土変遷アーカイブより

○ 普及のための技術的課題

I/N = -10dBを満足する装置の開発等

○ システムの小型軽量化

○ 他二次業務システムとの共用

送信出力の自動調整機能、干渉波検出・使用可否の自己診断機能 など