
「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」

ホワイトスペース利活用セミナーin九州
平成24年6月22日

総務省九州総合通信局無線通信部 部長 内山和則

1 検討会の目的

本調査検討会は、放送などある目的のために割当てられているが、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」の活用可能性を検討するため、山陰等にもある程度回り込む性質を持つUHF帯の周波数を用い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うことにより、新たな電波の周波数の有効利用と地域活性化の促進に資することを目的とする。

2 調査検討事項

- (1) 既存の無線アクセスシステムとUHF帯の周波数を用いた広帯域無線伝送システム(以下「WS-UHF帯無線アクセスシステム」と称する。)の比較による技術的条件の検討
- (2) WS-UHF帯無線アクセスシステムの試作及び実環境における試験の実施
- (3) WS-UHF帯無線アクセスシステムの実用化に向けた技術的条件の提言
- (4) その他必要な事項

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について

3 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
- 佐藤 浩俊 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
- 辻 利則 公立大学法人宮崎公立大学 人文学部 国際文化学科 教授
- 長倉 芳照 宮崎県 県民政策部 情報政策課 課長
- 野村 忠生 社団法人日本CATV技術協会 九州支部 副支部長
- 広岡 淳二 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

4 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 通信ソリューション技術部 担当部長
- 中満 敦雄 えびの市 総務課 主幹
- ◎ 辻 利則 公立大学法人宮崎公立大学 人文学部 国際文化学科 教授
- 広岡 淳二 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

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について

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地域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。



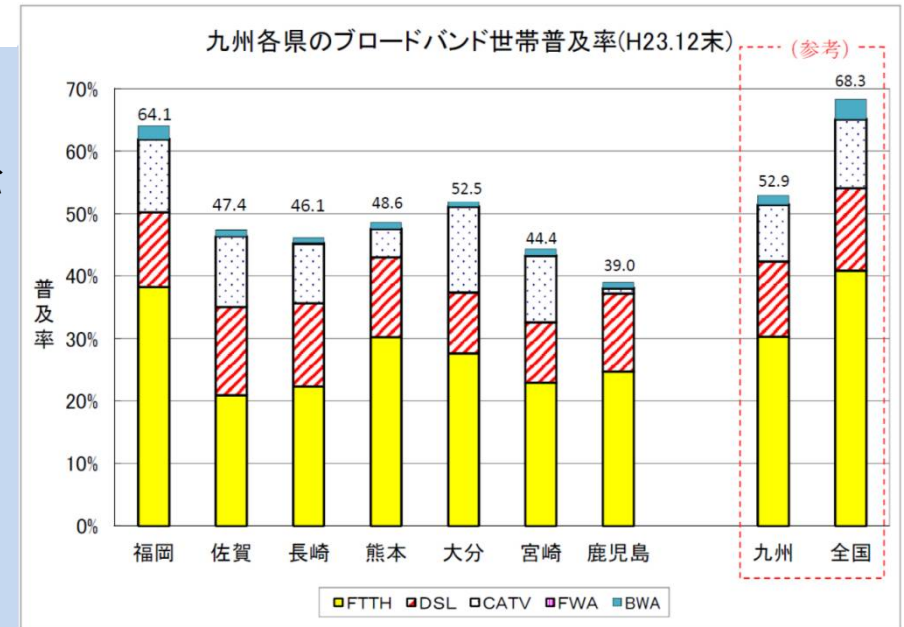
ホワイトスペース活用によるUHF帯広帯域無線伝送システムに関する調査検討イメージ図

第1章 調査検討会の背景と目的

1 背景・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

第1章 調査検討会の背景と目的

2 試験場所、周波数の検討

○試験場所
⇒宮崎県えびの市

(選定理由)

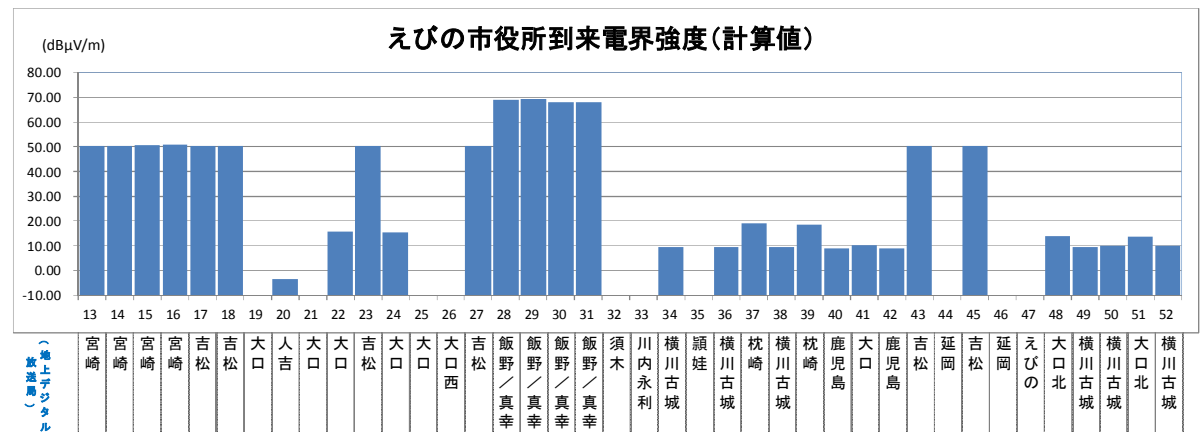
- ・地上デジタル放送のホワイトスペースが多い(宮崎県の地デジ放送事業者は3者)
- ・平野部から山間部まで、さまざまな伝送路で伝搬試験が可能等



○試験周波数
⇒中心周波数 605MHz (地デジ35ch)

(選定理由)

- ・えびの市周辺のホワイトスペースから選定



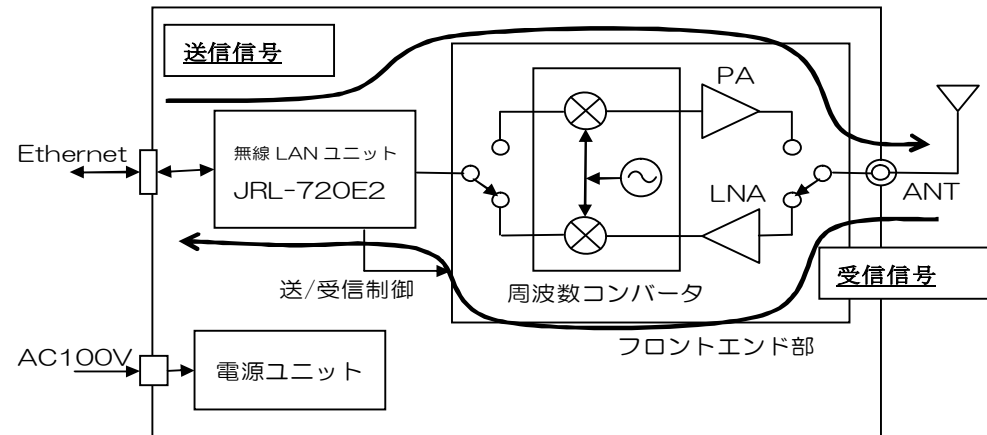
第2章 実証試験のための事前準備

1 実証試験装置の試作

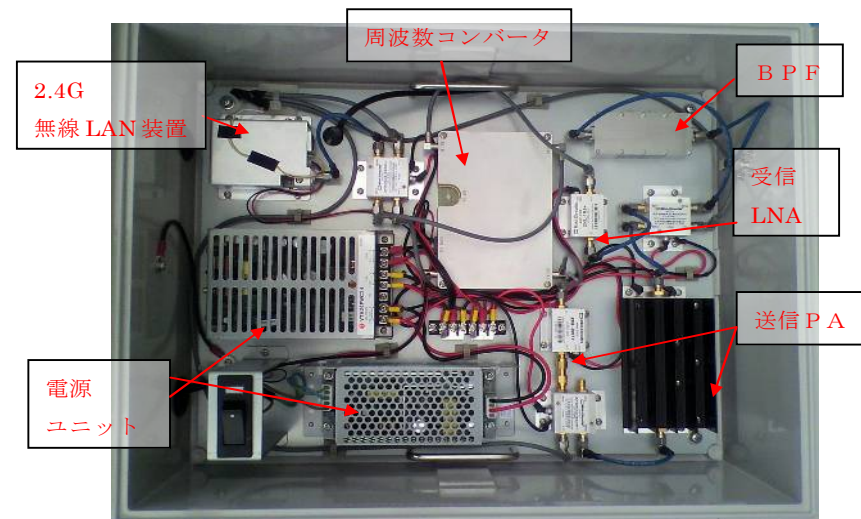
既存の無線アクセスシステムとの比較等によりWS-UHF帯無線アクセスシステムの有効性を実証するために、実証試験用の装置を試作した。

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

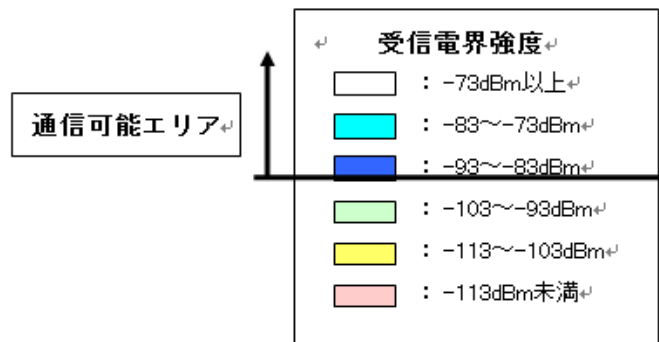


試作装置の機器配置図

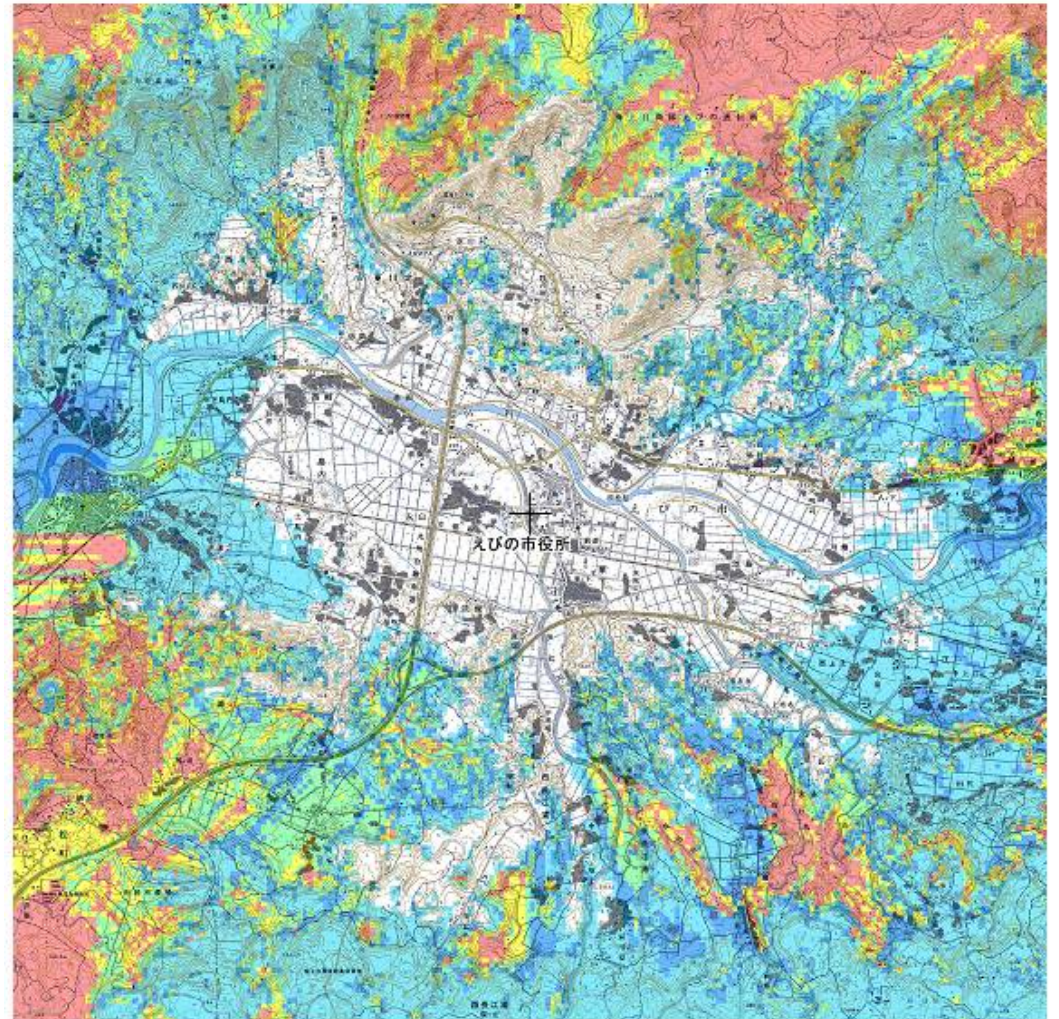
第2章 実証試験のための事前準備

2 サービスエリアの机上検討及び測定ポイントの選定

WS-UHF帯無線アクセスシステム(605MHz)及び既存の無線アクセスシステム(2.4GHz無線LAN)の性能(サービスエリア)を比較するため、見通し地点間及び障害物の影響による電波伝搬特性の机上検討を行った上で、見通し地点及び障害物(樹木、リッジ(地形)、高速道路・建物、屋内)による影響を確認するため、それぞれの条件に合致する測定ポイントを選定した。



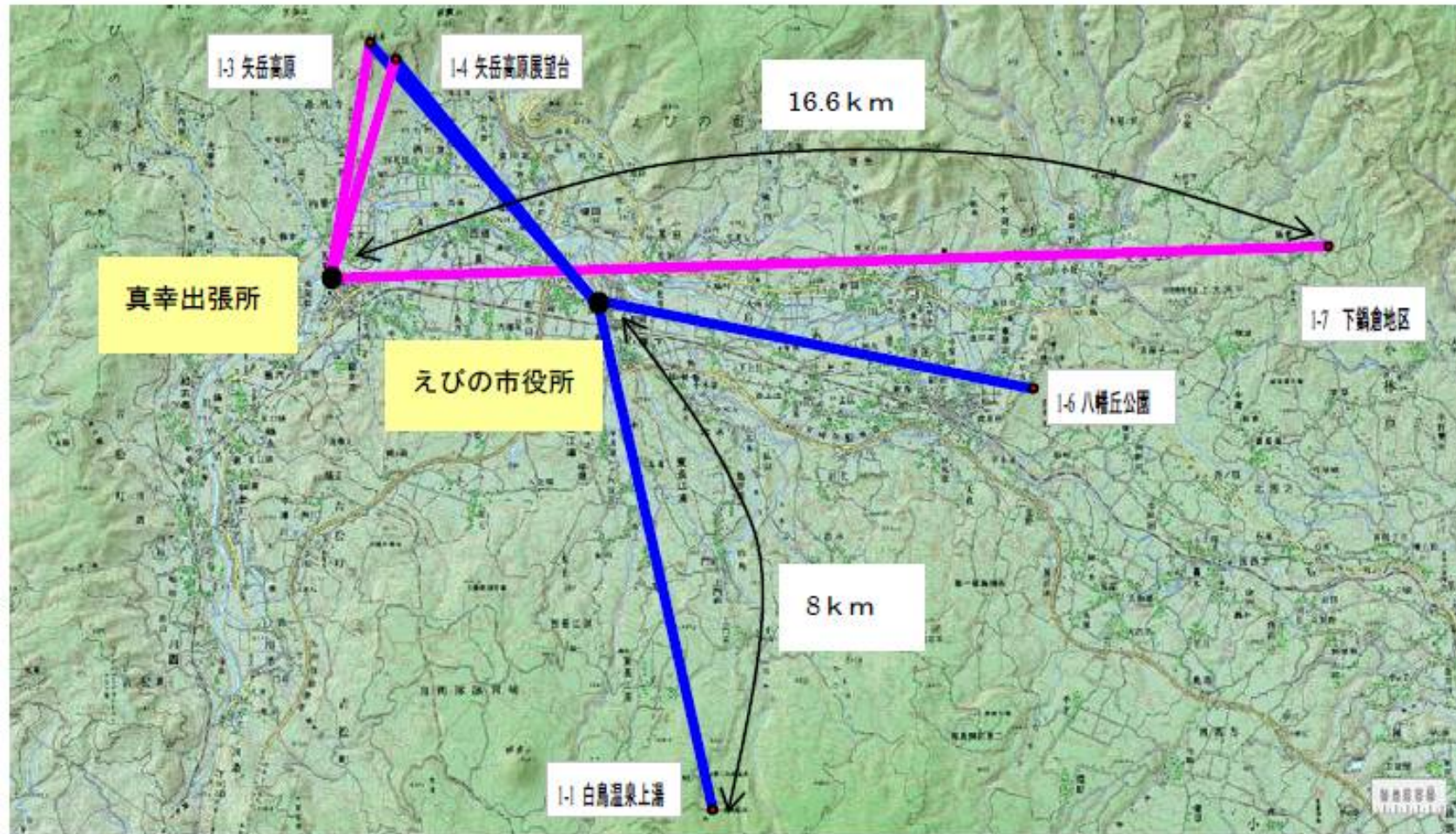
サービスエリア図 (アクセスポイント:えびの市役所 10km四方)
周波数: 605MHz アンテナ: 12素子八木アンテナ対向



第2章 実証試験のための事前準備

3 見通し地点試験箇所を選定

アクセスポイントをえびの市役所にした場合について4地点、真幸出張所にした場合について3地点、計7地点の見通し地点を選定した。



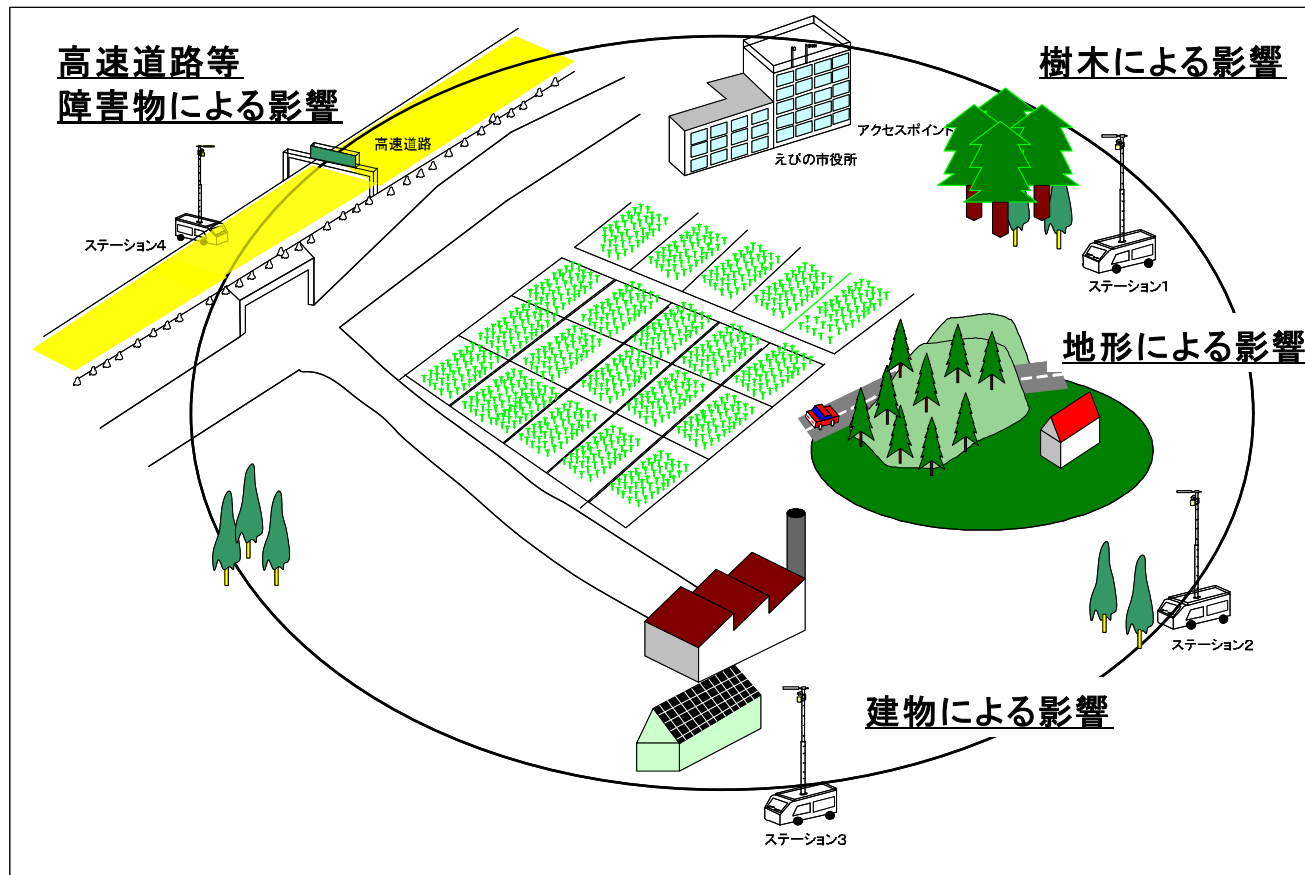
この地図画像は国土地理院の数値地図 25000（地図画像）使用

第2章 実証試験のための事前準備

4 障害物の影響による損失通信試験地点の選定

障害物として、以下の種類に分類し、試験地点を選定した。

- ① 樹木による影響 18ヶ所、
- ② 地形(リッジ回折損)による影響 4ヶ所
- ③ 建物および構造物(高速道路)影響 7ヶ所、
- ④ 屋内との通信試験 2ヶ所



障害物による影響測定イメージ図

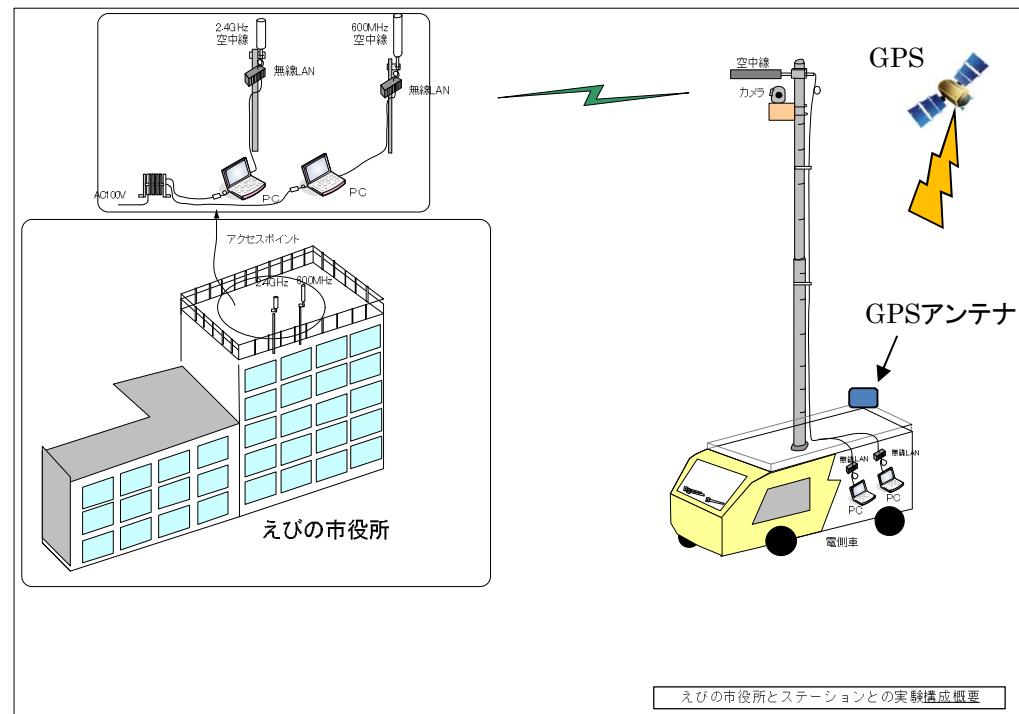
第3章 実証試験

1 実証試験の構成

第2章で選定した測定ポイントでWS-UHF帯無線アクセスシステム試作機(605MHz)及び既存の無線アクセスシステム(2.4GHz帯無線LAN)による電波伝搬試験を実施し、その結果の評価を行った。

- ・アクセスポイント:
えびの市役所屋上(アンテナ地上高約30m)
真幸出張所防災無線用パンザマスト(同15m)
- ・ステーション構成:
電測車(アンテナを3mから10mまで1mステップで上下)
- ・測定地点:市内38箇所
- ・測定項目:
受信電界強度、パケットエラー、伝送速度
- ・WS-UHF帯無線アクセスシステム設定パラメータ:
5MHzシステム、BPSK、符号化率1/2固定

WS-UHF帯無線アクセスシステム、2.4GHz帯無線LANシステム各々について測定を行った。



実証試験構成イメージ図

第3章 実証試験

2 実証試験結果

- ・WS-UHFシステムの測定データとしてアンテナ高を10mおよび5mにした場合の電界強度、パケットロス、伝送速度について記載した。
- ・通信試験は、WS-UHFと2.4GHz無線LANについて行った。一般的な回線構成ではパケットロスが10%以下を基準としており、実証試験で取得データが10%以下の場合に通信状況が○とし、双方の通信状況の比較を行った。

(1) 見通し通信試験

地点	ステーション 測定地点名	対向局	回線状況	距離 (km)	電界 H10m/H5m (dBm)	パケットロス H10m/H5m (%)	伝送速度 H10m/H5m (Mbps)	通信状況	
								WS-UHF	2.4G
1-1	白鳥温泉上湯	市役所	見通し	8.1	-64/-64	2/2	1.3/1.3	○	○
1-2	矢岳高原展望台	出張所	見通し	3.9	-68/-69	1/1	1.3/1.3	○	○
1-3	矢岳高原	出張所	下部は樹木の障害あり	4.0	-67/-77	7/2	1.2/1.3	○	○
1-4	矢岳高原展望台	市役所	見通し	5.4	-65/-65	2/2	1.3/1.3	○	○
1-5	矢岳高原	市役所	見通し	5.7	-65/-65	2/2	1.3/1.3	○	○
1-6	八幡丘公園	市役所	樹木超え	11.6	-70/-83	2/10	1.3/1.2	○	×
1-7	下鍋倉地区	出張所	樹木障害	16.6	-85/-88	50/100	0.8/0.02	×	×

第3章 実証試験

(2) 樹木による障害通信試験

地点	ステーション 測定地点名	対向局	回線状況	距離 (km)	電界 H10m/H5m (dBm)	パケットロス H10m/H5m (%)	伝送速度 H10m/H5m (Mbps)	通信状況	
								WS-UHF	2.4G
2-1	栗下営農研修施設	市役所	低い樹木	1.0	-43/-45	2/2	1.3/1.3	○	○
2-2	東長江浦上集会所	市役所	複数の林	4.0	-70/-83	0/1	1.3/1.3	○	×
2-3	真幸出張所	市役所	複数の林	4.5	-62/-79	1/5	1.3/1.3	○	×
2-4	東内堅公民館	市役所	複数の林	4.7	-56/-65	1/1	1.3/1.3	○	×
2-5	水流公民館	市役所	複数の林	4.1	-66/-78	2/1	1.3/1.3	○	×
2-6	溝ノ口公民館	市役所	複数の林	6.8	-59/-68	1/2	1.3/1.3	○	△
2-7	京町温泉駅	市役所	複数の林	4.1	-77/-82	1/1	1.3/1.3	○	×
2-8	下島内地区	市役所	複数の林	3.8	-63/-68	2/2	1.3/1.3	○	×
2-9	東原田公民館	市役所	複数の林	6.6	-57/-59	2/2	1.3/1.3	○	△
2-10	北昌明寺公民館	出張所	複数の林	2.4	-86/-82	2/2	1.3/1.3	○	×
2-11	湯園公民館	出張所	林あり	1.3	-61/-67	1/1	1.3/1.3	○	○
2-12	東内堅公民館	出張所	竹林あり	0.7	-49/-55	1/1	1.3/1.3	○	○
2-13	堀浦地区②	市役所	遠距離	10.1	-74/-80	2/2	1.3/1.3	○	×
2-14	堀浦地区③	市役所	遠距離	10.0	-80/-86	1/2	1.3/1.3	○	×
2-15	溝ノ口公民館	出張所	林あり	2.2	-65/-66	1/1	1.3/1.3	○	×
2-16	東川北地区	市役所	複数の林	3.2	-61/-73	2/2	1.3/1.3	○	×
2-17	牧の原地区	市役所	複数の林	2.2	-67/-68	2/2	1.3/1.3	○	×
2-18	芋畑コミュニティセンター	市役所	複数の林	3.7	-82/-91	2/90	1.3/0.05	○	×

第3章 実証試験

(3) リッジによる障害通信試験

地点	ステーション 測定地点名	対向局	回線状況	距離 (km)	電界 H10m/H5m (dBm)	パケットロス H10m/H5m (%)	伝送速度 H10m/H5m (Mbps)	通信状況	
								WS-UHF	2.4G
3-1	東長江浦下集会所	市役所	丘越え	2.3	-68/-69	2/2	1.3/1.3	○	×
3-2	浜川原湧水公園	市役所	リッジ	3.8	-71/-76	2/1	1.3/1.3	○	○
3-3	堀浦地区①	市役所	リッジ	9.9	-83/-88	2/2	1.3/1.2	○	×
3-4	飯野出張所	市役所	リッジ	5.3	-70/-82	1/1	1.3/1.3	○	×

(4) 高速道路・建物による障害通信試験

地点	ステーション 測定地点名	対向局	回線状況	距離 (km)	電界 H10m/H5m (dBm)	パケットロス H10m/H5m (%)	伝送速度 H10m/H5m (Mbps)	通信状況	
								WS-UHF	2.4G
4-1	栗下地区高速南側	市役所	高速道越	1.2k	-46/-55	2/2	1.3/1.3	○	○
4-2	東長江浦下地区	市役所	高速道越	2.9k	-67/-67	2/0	1.3/1.3	○	×
4-3	永山地区高速西側	市役所	高速道越	1.0k	-42/-63	2/2	1.3/1.3	○	△
5-1	前方500m明石酒造	市役所	酒造工場	1.1k	-45/-49	2/2	1.3/1.3	○	○
5-2	池島公民館	市役所	民家超え	1.9k	-47/-53	1/2	1.3/1.3	○	○
5-3	明石酒造裏50m	市役所	酒造工場	0.6	-50/-57	1/1	1.3/1.3	○	○
5-4	えびの市 国際交流センター裏	市役所	コンクリート建 物	1.2k	-43/-70	0/1	1.3/1.3	○	○

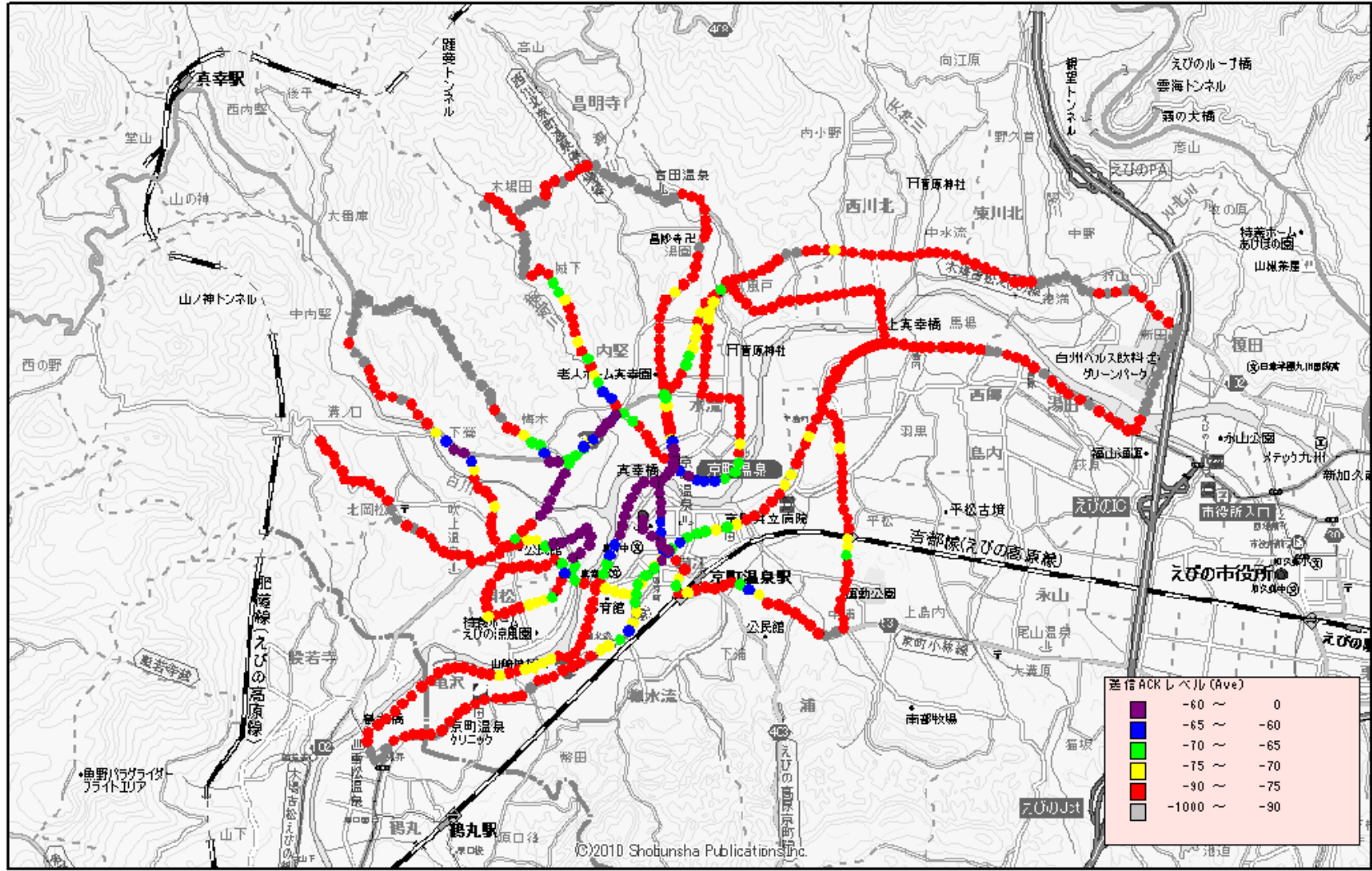
(5) 屋内との障害通信試験

地点	ステーション 測定地点名	対向局	回線状況	距離 (km)	電界 (dBm)	パケットロス (%)	伝送速度 (Mbps)	通信状況	
								WS-UHF	2.4G
6-1	東内堅公民館屋内	出張所	モルタル平屋	0.7	-81~-92	10~50	0.8~1.3	○	×
6-2	水流公民館屋内	出張所	トタン平屋	0.6	-84~-90	10~50	0.2~1.3	○	×

第3章 実証試験

(6) 走行試験

WS-UHF帯無線アクセスシステム 真幸出張所エリア走行データ



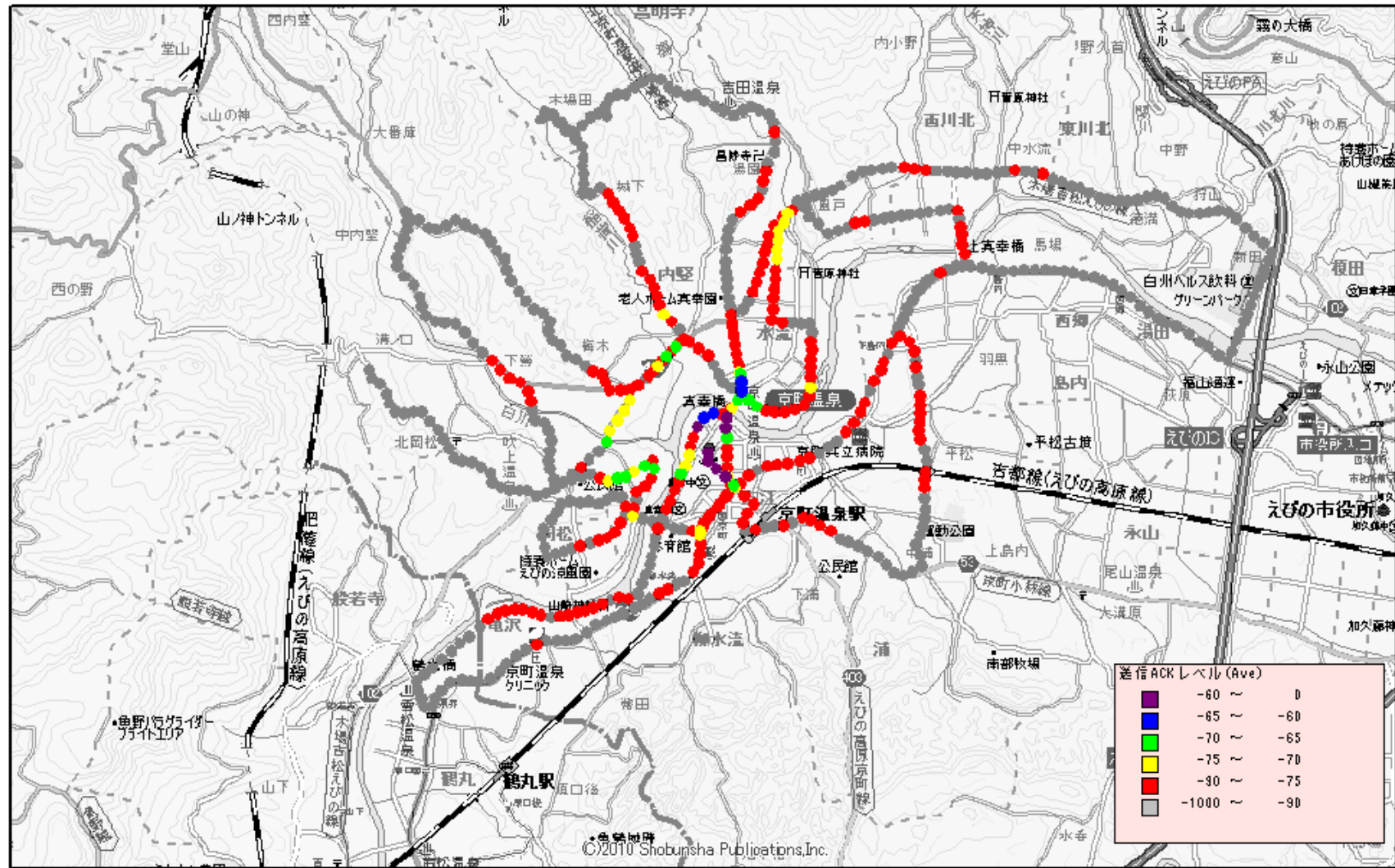
©2010 Shobunsha Publications, Inc.

地上1センチは約331メートル

この地図は昭文社の承認を得て使用(使用承認©昭文社第54G008号)

第3章 実証試験

2.4GHz帯無線LAN 真幸出張所エリア走行データ



地図上の1センチは約333メートル
この地図は昭文社の承認を得て使用(使用承認©昭文社第54G008号)

第3章 実証試験

3 見通し伝搬結果分析

- ・見通し区間では、受信電界強度は自由空間損失の計算値とよく合致した結果を得た。
- ・長距離通信では、11.6kmの地点では-83dBmの受信電界で良好な通信状況であったが、16.6kmでは-85dBmの受信電界が得られたものの、樹木等障害物の影響によりパケットロスが50%以上と多く通信回線としては成立しなかった。

4 障害物による影響結果分析

○樹木による影響

- ・樹木の葉、枝等の障害物がある場合でも、WS-UHFは減衰量が20dB程度で回線は良好に確保できた。
- ・樹木の障害物の位置がアンテナに近いほどフレネルゾーンをさえぎる量が大きいため損失が多く発生する。
- ・アクセスポイントからの距離と受信電界強度は、自由空間損失による受信電界計算値の-10~-25dBの幅に分布する結果となった。また、8割以上の地点で差が10dB以下となった。
えびの市のような郊外型の都市では、障害物による減衰係数である土地係数-10dBを目安とした回線設計を行うことの妥当性が確認できた。

○地形による影響

- ・リッジ回折については、リッジ深さによる回折損に加え、樹木等の障害物による約10dBの損失を目安に回線構成が可能。
ただし今回確認できたリッジの深さについては、1段のリッジで10~20m程度であり多段および深いリッジ回折についてはさらなる検討が必要。

第3章 実証試験

4 障害物による影響結果分析（続き）

○建造物等による影響

- ・鉄骨作りの工場の直近と500m程度離隔した場合には、建物から離れるほど電波の回り込みが発生して減衰量が少なくなり、端末側のアンテナ高に依存しない結果となった。
- ・鉄筋コンクリートの建物の場合には、-20dB以上の減衰となるが、反射や回り込みによる通信ができることを確認できた。

○高速道路による影響

- ・送受信点間が見通しの状態から、アンテナ高を下げてアクセスポイントが非可視になった場合に、2.4G無線LANは回線が急激に劣化するのに対して、WS-UHFは減衰量の劣化がゆるやかであり、ある程度非可視であっても回線が構築できることが確認できた。

○屋内との通信

- ・今回実施した木造建築物屋内における通信試験では、屋外と屋内の障害物損失は-27dB以下であった。
- ・サンプル数は少ないが、木造建築物の屋内損失を-30dB程度考慮することにより屋外と直接通信が可能であると推定。



WS-UHF帯無線アクセスシステムは、既存の2.4GHz帯無線LANでは回線構築ができない人工構造物、樹木、浅いリッジ等の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ことを確認できた。

第4章 まとめ

1 調査検討結果の総括

第1章で述べた九州の情報通信基盤の課題に対する「WS-UHF帯無線アクセスシステム」の有効性の検証結果は以下のとおり。

①ブロードバンド普及に対する有効性

- ・第3章の実証試験結果で示したとおり、中山間地のブロードバンド整備の障害となる地理的な条件を克服するためには、UHF帯のホワイトスペースを活用することが有効であることを実証できた。
- ・ただし、今回使用した実証試験装置は伝送速度(スループット)が最大3Mbps程度であるため、伝送速度の高速化や複数チャンネルの使用等を検討することが必要である。

②非常災害時の情報収集・伝達手段としての有効性

- ・非常災害時の通信に必要とされるデータは、避難情報、安否情報等のテキストデータや災害発生場所の映像等の比較的小容量のデータであるため、遮蔽に強く通信可能距離が長い本システムは、非常災害時の通信手段として様々な場面で活用が可能。

③周波数の確保

- ・それぞれの地域、周波数に応じて十分な干渉検討が必要ではあるが、本調査検討会の主たる対象である中山間地域においては、WS-UHF帯無線アクセスシステムによる通信回線を構築するための十分なホワイトスペースの存在が見込める。

第4章 まとめ

2 今後の課題

①装置の開発等

・装置の広帯域化

単一の装置で地デジ周波数帯の全域をカバーするためには、特に無線部の広帯域設計技術の確立が必要。

・マルチパス対策

UHF帯では見通し外でも回り込みおよびリッジ回折が期待でき到達距離も遠くまで伝送が可能であるが、一方、直接波と反射波及び回折波の相互干渉により回線品質の劣化を生じるため、この対策として、ダイバーシティ、遅延等価方式等の回路を登載する必要がある。

・小型、軽量、低消費電力かつ安価なシステムの実現

既存の2.4GHz帯無線LANと同等の小型、軽量、低消費電力化のためには、回路を専用のIC化することが必要。

・伝送データの高速化

伝送レートの高速化にはQPSK、16QAM、64QAM等の多値伝送化が有効。しかし、多値化することにより受信感度が悪くなるため通信可能な距離が短くなる。山間部のラスト1マイル的な使用法では通信距離が長いBPSKおよびQPSKでの運用が有効であると言える。

②地上デジタル放送への与干渉に関する保護基準等の確立

・本調査検討会において有効性を実証したWS-UHF帯無線アクセスシステムについて、早期の実用化を図るためには、地上デジタル放送との共用条件を明らかにするために、与干渉に関する保護基準策定のための検討が必要。

・WS-UHF帯無線アクセスシステム相互間の共用条件についても検討を行い、技術基準及び運用ルールを策定していくことが必要。

【参考】 WS-UHF帯無線アクセスシステム利用サービスのイメージ例

ブロードバンド環境の整っている市役所から山間の出張所へWS-UHF帯無線アクセスシステムで中継して、出張所等をアクセスポイントとして周囲へサービスを行うイメージ例。

利用シーンとして

- ・定点洪水監視(動画監視)
 - ・独居老人の見守り
 - ・災害現場へ移動しての動画画像伝送
- 等が考えられる。

