

第3章 実証試験

3.1 干渉波の確認

実証実験を行う事前確認としてえびの市役所屋上に無指向性アンテナを仮設し、被干渉波が到来していないことを確認した。なお一ヶ月以上に亘ってデータを蓄積し調査を行った。また、本実証試験局の電波発射許可エリアの端であるえびの市と、小林市の境界付近においても被干渉波の到来がないことを確認し、実証試験装置より電波を発射した。

なお、実験波を発射することで地上波デジタルテレビへ妨害を与えないか電波を発射した直後にえびの市役所庁舎内のテレビにて確認し、実証試験に取りかかった。

以下に、市役所に仮設したアンテナ、取得データ例および確認状況について示す。

① 市役所仮設アンテナ



図 3.1.1 アンテナ仮設状況

② データ例（ノイズフロア以下）

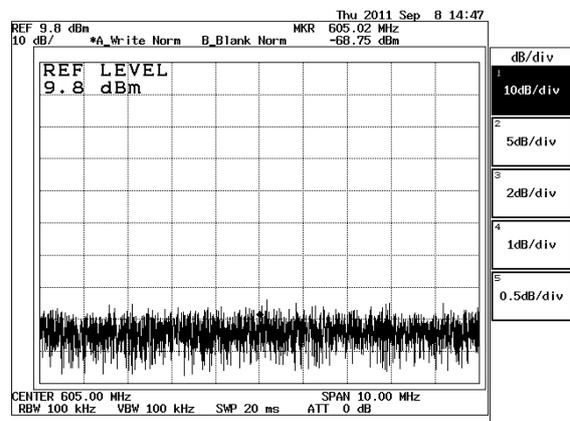


図 3.1.2 取得データ例

③ 市役所屋上での干渉波の確認



図 3.1.3 市役所でのデータ確認状況

④ 拡声子局での干渉波の確認



図 3.1.4 拡声子局でのデータ確認状況

3.2 実証試験

3.2.1 実証試験の構成

(1) 測定項目

- ・ 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（アンテナ地上高 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（以下、「WS-UHF」と省略）、2.4GHz 帯無線 LAN（以下、「2.4G」と省略）システム各々について測定を行った。

(2) 実証試験の構成

アクセスポイントとしてえびの市役所屋上に WS-UHF、2.4GHz のアンテナ、実証試験装置およびデータ取得用のパソコンを設置し、自動で通信データを取得した。

ステーションは、電測専用車両を使用しアンテナマストを 3m から 10m まで伸長できる構成とした。また、アンテナマストの先端に Web カメラを装着し、アンテナ取り付け位置からアクセスポイント方向の状況を視覚で確認するとともに GPS を搭載し、自車の緯度経度位置および走行中の通信データを記録できるようにした。

車両車内へ実証試験装置を設置し、アクセスポイントから受信データおよびアクセスポイントでの受信データも折り返し伝送し、ステーションにて双方向のデータが確認できる構成とした。実証試験の構成イメージを図 3.2.1 に示す。

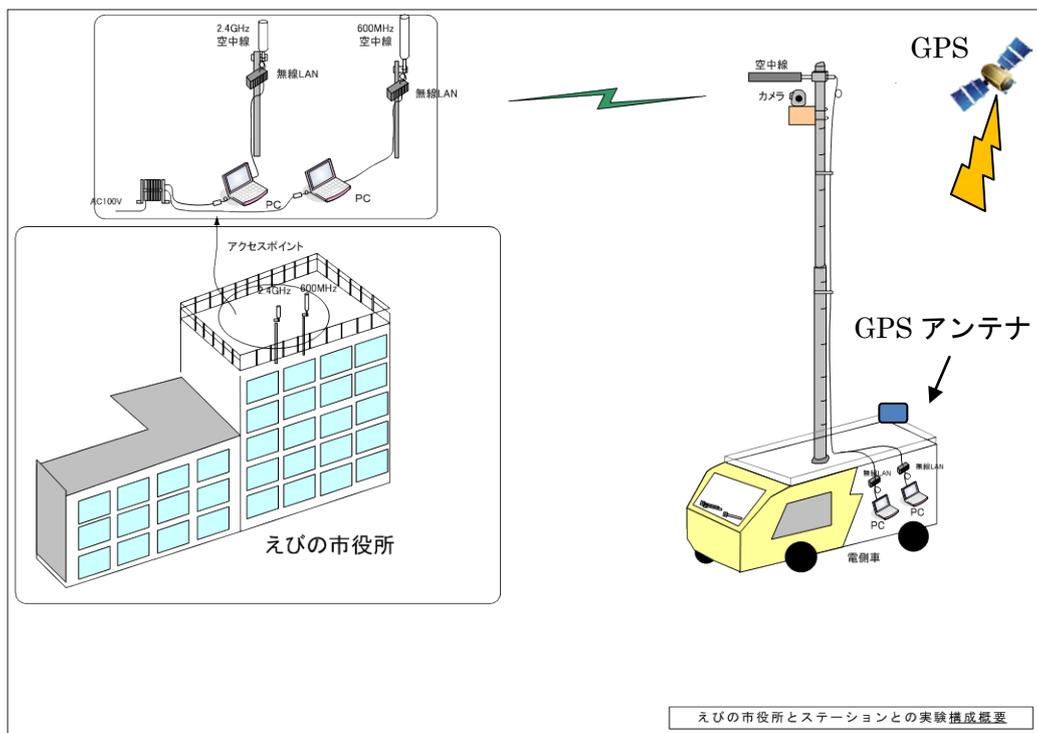


図 3.2.1 実証試験構成イメージ図

(3) 実証試験機設置状況

① アクセスポイント

えびの市役所屋上に WS-UHF および 2.4GHz 無線 LAN のアクセスポイントを設置した。

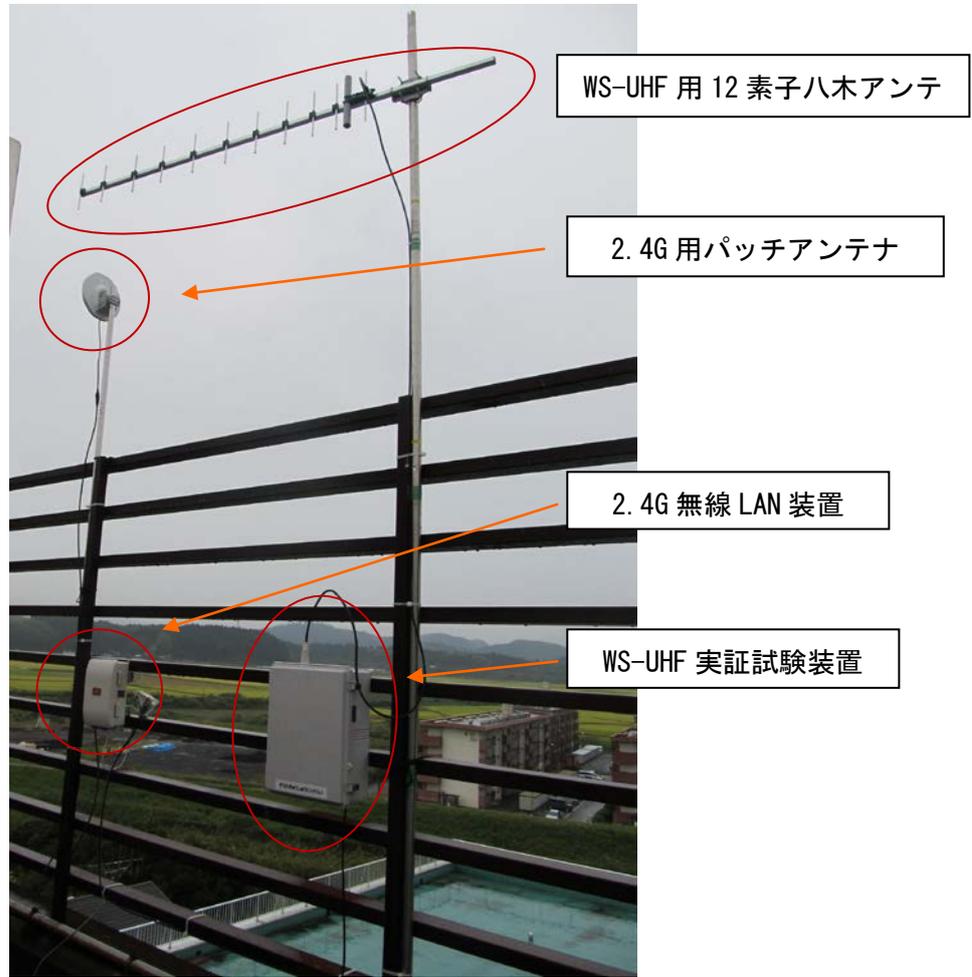


図 3. 2. 2 アンテナおよび実証試験装置設置状況

2.4G 無線 LAN 本体



図 3. 2. 3 2.4G 無線 LAN 装置

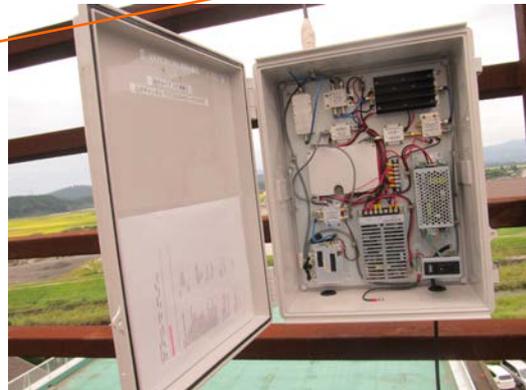


図 3. 2. 4 WS-UHF 実証試験装置

② ステーション

- ・ 10mの高さにアンテナを伸張り測定している状況。

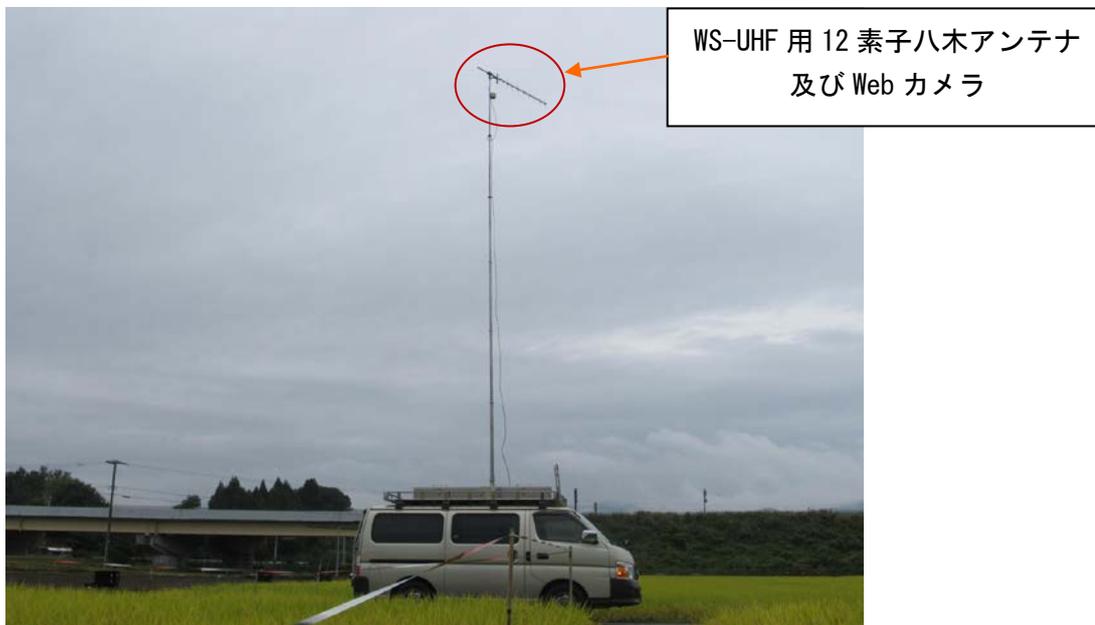


図 3. 2. 5 ステーションにて測定中

- ・ 電測車に設置した WS-UHF 実証試験装置の状況

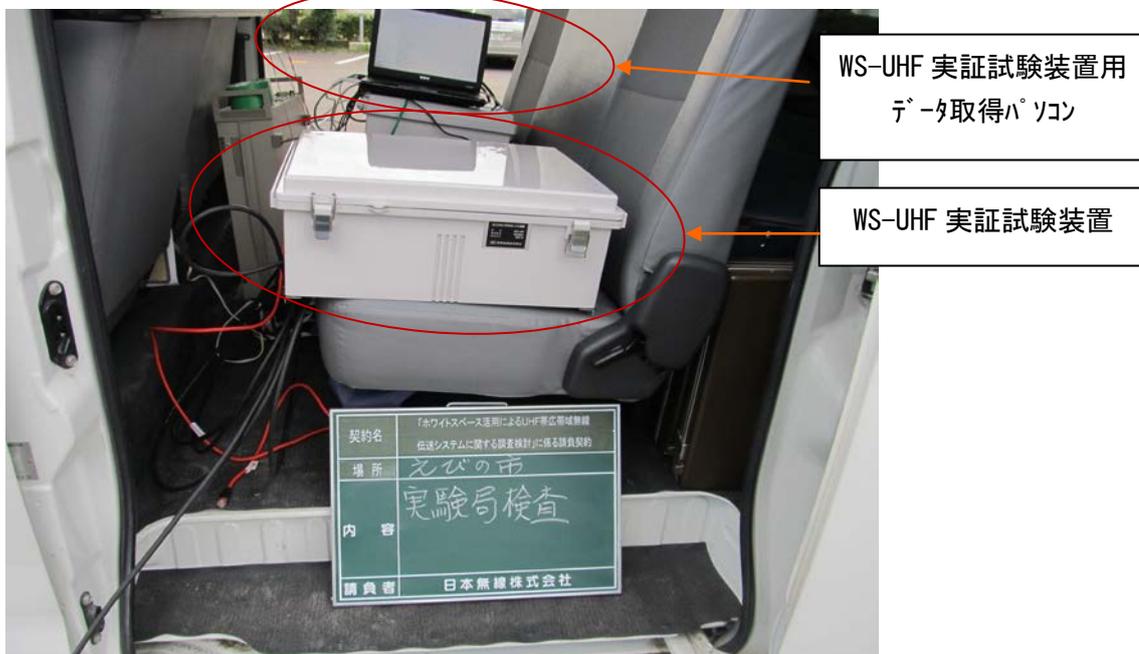


図 3. 2. 6 ステーション WS-UHF 実証試験装置の設置

3.2.2 実証試験結果

前項で述べた方法にて、2章で選定した通信試験地点 38 箇所の実証試験を行った。

見通し試験、各障害試験結果を一括表にまとめた。

一括表には、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。

なお、WS-UHF システムのアンテナ大きさおよび設置場所が、地上波デジタルテレビのアンテナと同等と想定されることから、実際の設置を考慮し平屋、2 階建て家屋の屋根上と考えて地上高 5m および 10m のデータを記載した

また、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。

なお、各地点の詳細の測定データについては付録に添付する。

(1) 見通し通信試験

表 3.2.1 見通し試験

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	×	×

(2) 樹木による障害通信試験

表 3.2.2 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	○	×

(3) リッジによる障害

表 3.2.3 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

表 3.2.4 建物・建造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) 屋内との通信試験

表 3.2.5 屋内との通信試験

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	トタ平屋	0.6	-84~-90	10~50	0.2~1.3	○	×

※屋内に WS-UHF 実証試験装置、2.4G 無線 LAN 装置および各アンテナを持ち込み、アンテナを屋内の測定場所へ移動し、アクセスポイントである真幸出張所との通信試験を行った。

(6) 走行試験結果

走行しながらアクセスポイントとの通信試験を行った結果を示す。

なお、道路上の赤・黄・黄緑・青・紫で示した軌跡のところにて通信可能であった。

① 地点 7-1 えびの市役所エリア走行データ (対向：えびの市役所)

a. WS-UHF 帯無線アクセスシステム

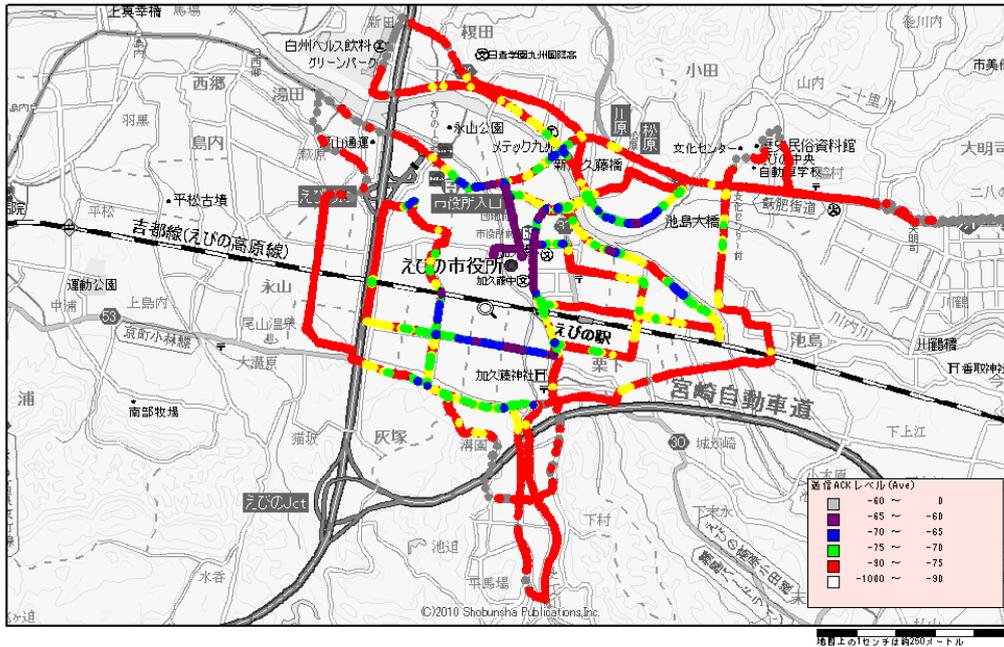


図 3.2.7 WS-UHF えびの市役所エリア走行データ

この地図は昭文社の承認を得て使用 (使用承認番号昭文社第 546008 号)

b. 2.4GHz 帯無線 LAN

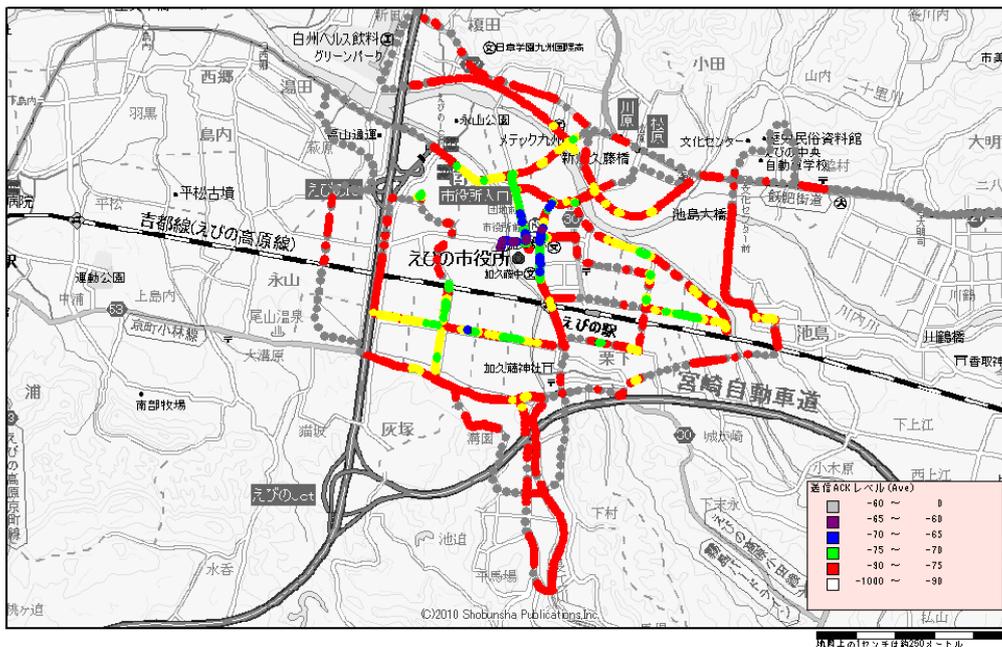


図 3.2.8 2.4G 無線 LAN えびの市役所エリア走行データ

この地図は昭文社の承認を得て使用 (使用承認番号昭文社第 546008 号)

② 地点 7-2 真幸エリア走行データ (対向：真幸出張所)

a. WS-UHF 帯無線アクセスシステム

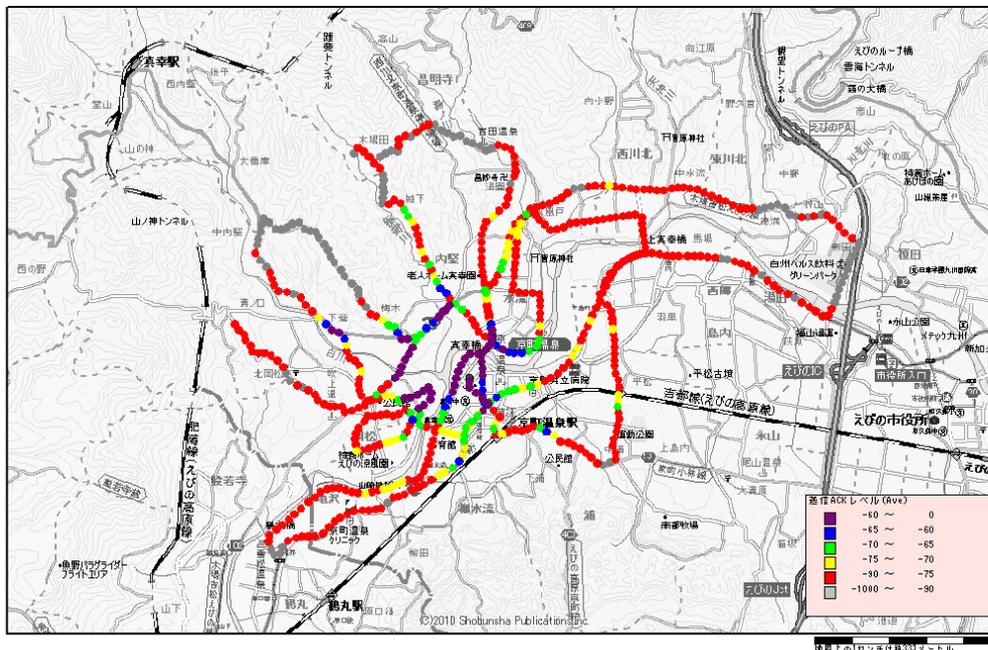


図 3.2.9 WS-UHF 真幸出張所エリア走行データ

この地図は昭文社の承認を得て使用 (使用承認①昭文社第 546008 号)

b. 2.4GHz 帯無線 LAN

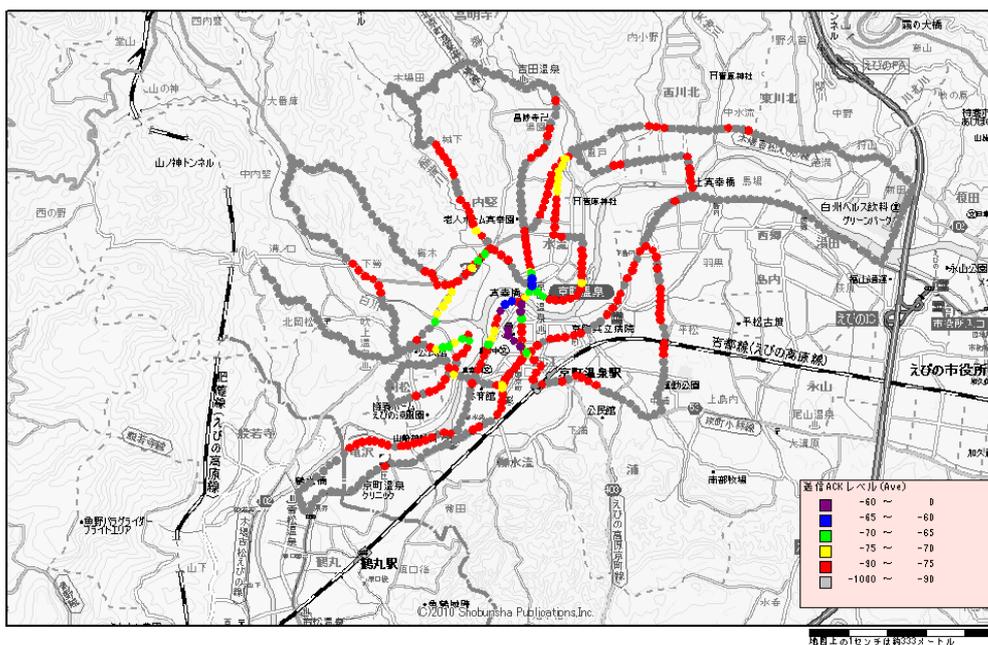


図 3.2.10 2.4G 無線 LAN 真幸出張所エリア走行データ

この地図は昭文社の承認を得て使用 (使用承認①昭文社第 546008 号)

3.2.3 実証試験結果の分析

3.2.3.1 見通し伝搬

(1) 試験結果

表 3.2.6 見通し試験

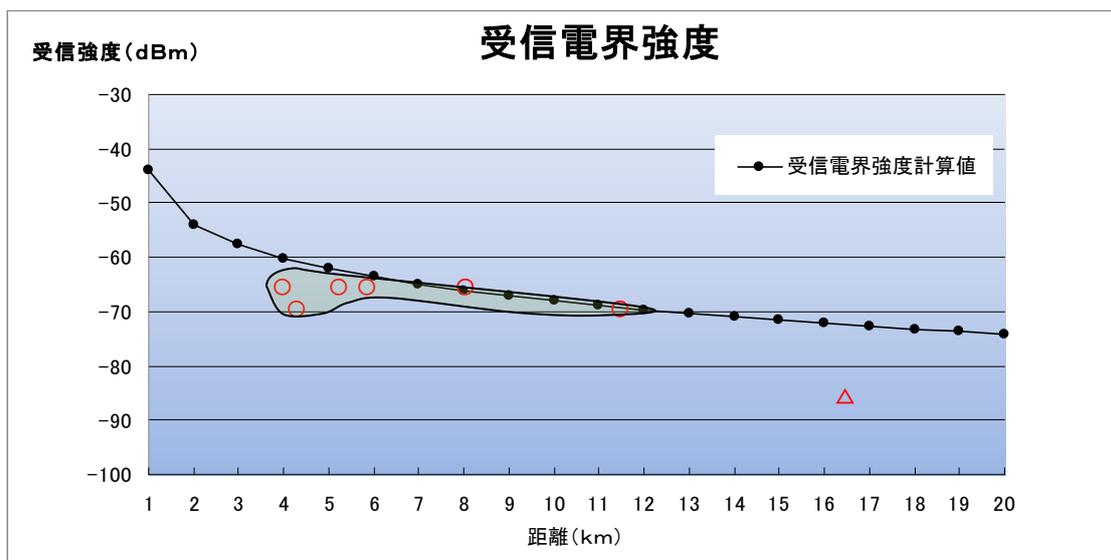
地点	場所名	対向局	距離 (km)	電界強度 計算値 (dBm)	測定電界 H10m/H5m (dBm)	差 (dB)	通信状況	
							WS-UHF	2.4G
1-1	白鳥温泉上湯	市役所	8.1	-65	-64/-64	1/1	○	○
1-2	矢岳高原展望台	市役所	3.9	-60	-68/-69	-8/-9	○	○
1-3	矢岳高原	市役所	4.0	-60	-67/-77	-7/-17	○	○
1-4	矢岳高原展望台	市役所	5.4	-62	-65/-65	0/0	○	○
1-5	矢岳高原	市役所	5.7	-63	-65/-65	-2/-2	○	○
1-6	八幡丘公園	市役所	11.6	-68	-70/-83	-2/-15	○	×
1-7	下鍋倉地区	出張所	16.6	-72	-85/-88	-13/-16	×	×

(2) 自由空間損失との比較

実測した受信電界強度と自由空間損失およびアンテナ等のパラメータを加味した計算値との比較を行った。アクセスポイントとステーションの距離に対してのステーションの受信電界強度の測定結果を表3.2.7に示す。○印とおおよその分布を囲い込みで示す。なお、計算値のパラメータは

- ・アクセスポイント、ステーションアンテナ共 : 12 素子八木アンテナ (15 d B i)
- ・ケーブルロス : アクセスポイント側 2dB、ステーション側 1dB 合計 3dB
- ・送信出力 : 10mW/MHz

表 3.2.7 距離による受信電界の分布 (地上高 10m)



(3) 所見

① 実測と計算値の比較

表 3.2.7 に示す結果より、見通し区間では受信電界強度が、自由空間損失の計算値との相違が 10 dB 以下（同期はとれるが通信が厳しい下鍋倉地区は除く）となり計算値とよく合致した結果を得た。

今回の試験環境では WS-UHF および 2.4G 無線 LAN は 10km 程度まで通信が可能であった。また、WS-UHF では地形図上見通しで、樹木等の障害物が多少あっても通信は可能である。

② 通信距離

16.6 km の長距離通信では -85dBm の受信電界が得られたが、マルチパス等の影響があったと考えられ、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。

③ 実測参考データ

<実測データ 1> 1-1 地点 白鳥温泉上湯 (対向：えびの市役所) 距離 8 km

見通し図、見通し状況については 2.3.1 項参照。

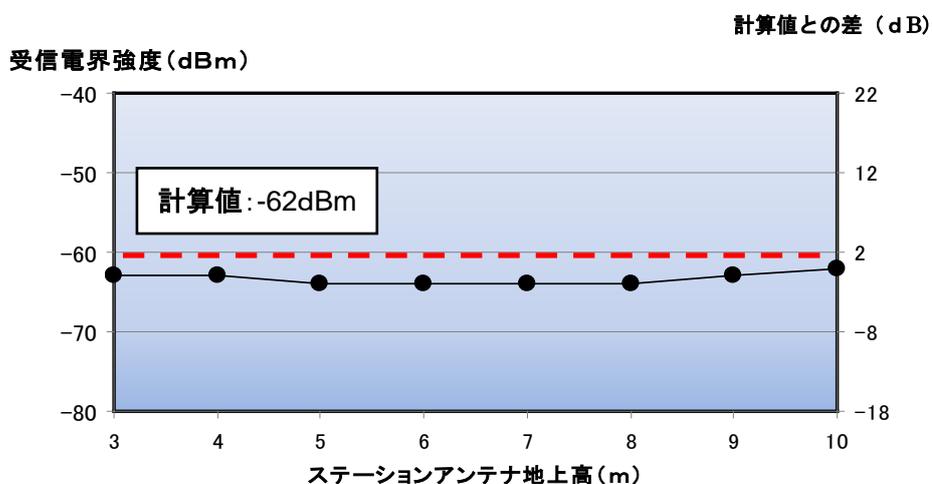
測定結果

a. WS-UHF

・ パケットエラー率：0~2% ・ 通信速度：1300~1320kbps

・ 受信電界強度

表 3.2.8 地上高による受信電界強度変化 (白鳥温泉上湯)

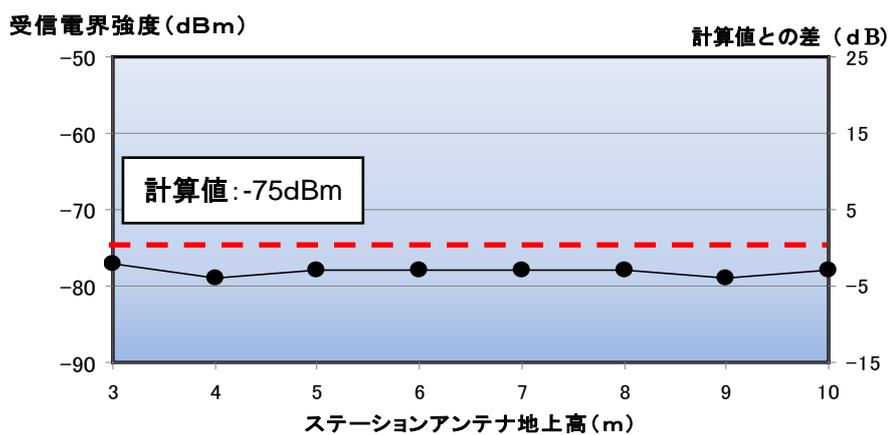


b. 2.4G 測定結果 (参考)

・ パケットエラー率：15~20% ・ 通信速度：6000~6500bps

・ 受信電界強度

表 3.2.9 地上高による受信電界強度変化 (白鳥温泉上湯)



c. 考察

- ・ 対向局間 8km において WS、2.4G 共ほぼ計算値と合致した。
- ・ 2.4G で受信電界強度が十分入っているがパケットエラーが発生しているのはマルチパス、混信又は仮設アンテナの風等によるぶれの影響と考えられる。

<実測データ 2> 1-7 地点 下鍋倉地区 (対向: 真幸出張所) 距離 16.6 km

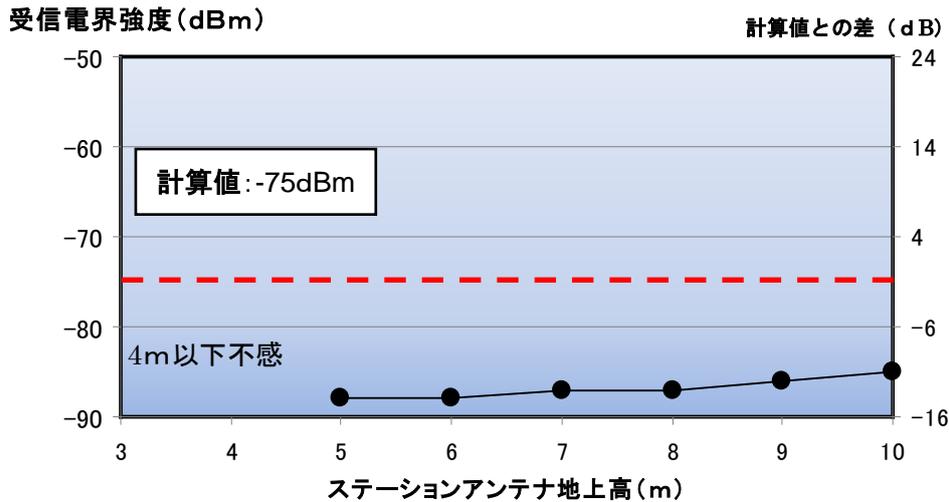
見通し図、見通し状況については 2.3.1 項参照。

測定結果

a. WS-UHF

- ・ 受信電界強度

表 3.2.10 地上高による受信電界強度変化 (下鍋倉地区)



- ・ パケットエラー率 : 50%以上
- ・ 通信速度 : 20~800kbps

b. 2.4GHz 無線 LAN は入感なし

c. 考察

WS-UHF にて 16.6km の遠距離回線通信がろうじてできた。パケットエラーが 50%以上となり実用回線としては構築不可。

3.2.4 樹木による影響

(1) 樹木による影響試験結果

表 3.2.11 樹木による影響試験結果

地点	場所名	対向局	距離 (km)	電界強度 計算値	電界 H10m/H5m (dBm)	損失 (dB)	樹木の 距離 (m)	距離に対 する割合	伝送速度 H10m/H5m (Mbps)
2-1	栗下宮農研修施設	市役所	1.0	-45	-43/45	2/0	30	3.0	1.3/1.3
2-2	東長江浦上集会所	市役所	4.0	-56	-70/-83	-14/-27	500	12.5	1.3/1.3
2-3	真幸出張所	市役所	4.5	-57	-62/-79	-5/-22	200	4.4	1.3/1.3
2-4	東内豎公民館	市役所	4.7	-57	-62/-71	-5/-14	100	2.2	1.3/1.3
2-5	水流公民館	市役所	4.1	-56	-66/-78	-10/-22	300	7.3	1.3/1.3
2-6	溝ノ口公民館	市役所	6.8	-61	-62/-70	-1/-9	100	1.5	1.3/1.3
2-7	京町温泉駅	市役所	4.1	-56	-77/-82	-21/-26	500	12.2	1.3/1.3
2-8	下島内地区	市役所	3.8	-54	-63/-68	-9/-14	200	5.3	1.3/1.3
2-9	東原田公民館	市役所	6.6	-60	-66/-70	-6/-10	200	3.0	1.3/1.3
2-10	北昌明寺公民館	出張所	2.4	-63	-86/-82	-23/-19	800	33.3	1.3/1.3
2-11	湯園公民館	出張所	1.3	-57	-61/-67	-4/-10	100	7.7	1.3/1.3
2-12	東内豎公民館	出張所	0.7	-52	-55/-61	-3/-9	100	14.2	1.3/1.3
2-13	堀浦地区②	市役所	10.1	-64	-74/-80	-10/-16	3000	30.3	1.3/1.3
2-14	堀浦地区③	市役所	10.0	-64	-80/-86	-16/-22	3000	30.3	1.3/1.3
2-15	溝ノ口公民館	出張所	2.2	-61	-65/-66	-4/-5	100	4.5	1.3/1.3
2-16	東川北地区	市役所	3.2	-54	-61/-73	-7/-9	100	3.1	1.3/1.3
2-17	牧の原地区	市役所	2.2	-51	-67/-68	-16/-17	300	13.6	1.3/1.3
2-18	苧畑コミュニティセンター	市役所	3.7	-55	-82/-91	-27/-36	800	21.6	1.3/0.05

< 樹木の障害物距離の算出 >

各地点間の航空写真を参照し、樹木でさえぎられる距離について、おおよその値を算出した。

右図は 2-1 地点の栗下区営農研修館と 2-2 地点の東長江浦下集会所とアクセスポイントである市役所間の樹木による障害物の状況である。この場合、それぞれ約 30m および約 500m と割り出した。

このようにしてアクセスポイントと各地点の間の樹木の障害物の距離を推計した。

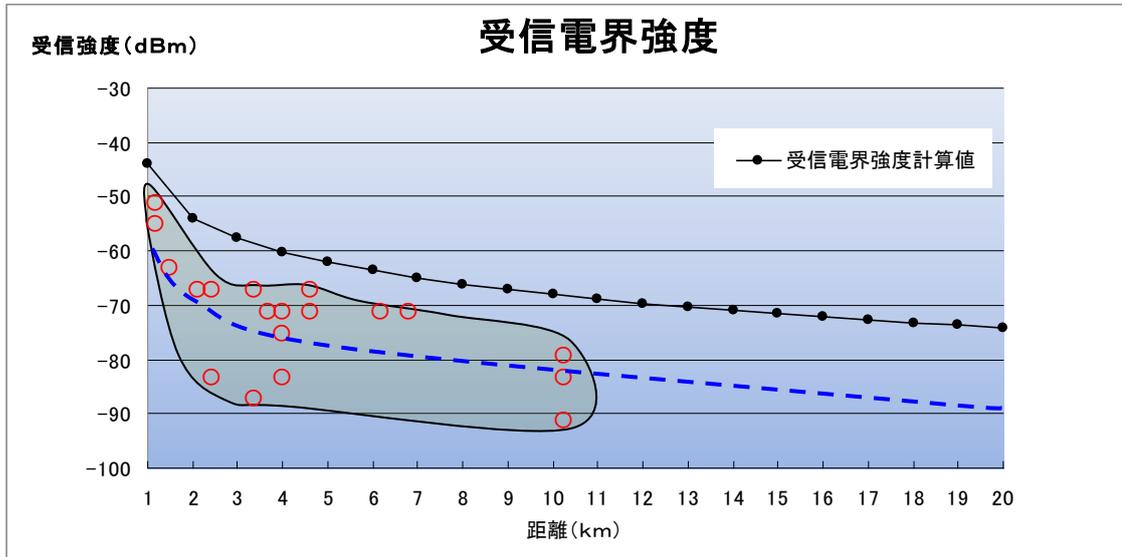


図 3.2.11 樹木の障害物距離の算出方法

(2) 距離における受信電界の分布

実測した受信電界強度と自由空間損失およびアンテナ等のパラメータを加味した計算値の比較を行った。結果を表 3.2.12 に示す。

表 3.2.12 距離による受信電界の分布（樹木による障害）



(3) 所見（実測と計算値の比較）

① WS-UHF と 2.4G 無線 LAN の比較

樹木の葉、枝等の障害物がある場合、2.4G はほとんどの場所で通信できなかったが WS-UHF は減衰量が増えるが回線は良好に確保できた。

② 樹木の障害物の深さとの相関について

(1) 項の表に航空写真から見える樹木の障害物の距離を推定したが、障害物の距離と減衰量の相関は見出せなかった。減衰する要因として

- ・ 樹木の粗密、樹木の密度の影響
- ・ 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。
- ・ 樹木以外の障害物の影響

等が考えられ、地図、航空写真からの推定は困難である。

③ 距離と受信電界について

表 3.2.11 にアクセスポイントからの距離と受信電界強度を示した。実施の受信電界は、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割以上の地点で計算値との差が10dB以内となった（青色の点線の内側）。

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を10dBを目安とした回線設計を行うことが妥当と考える。

④ 実測参考データ

<実測データ 1> 2-1 地点 栗下営農研修施設 (対向:えびの市役所) 距離 1.0 km

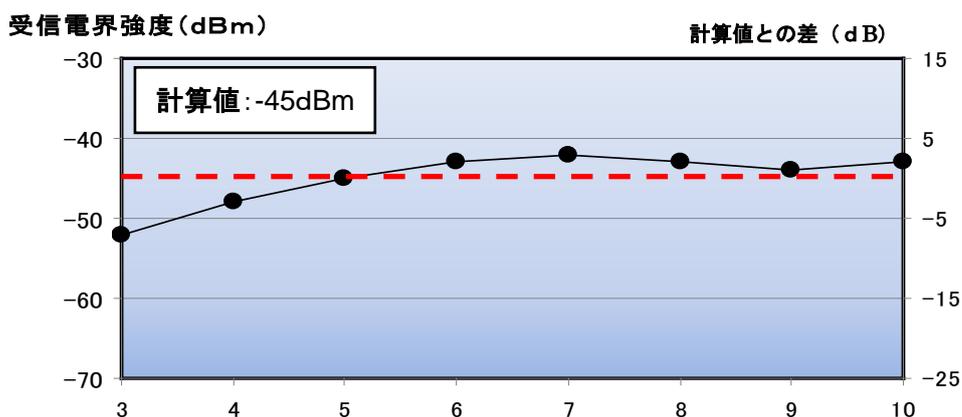
見通し図、見通し状況については 2.3.1 項参照

測定結果

a. WS-UHF 測定結果

- ・ パケットエラー率 : 2~10%
- ・ 送信速度 : 1200~1300kbps
- ・ 受信電界強度

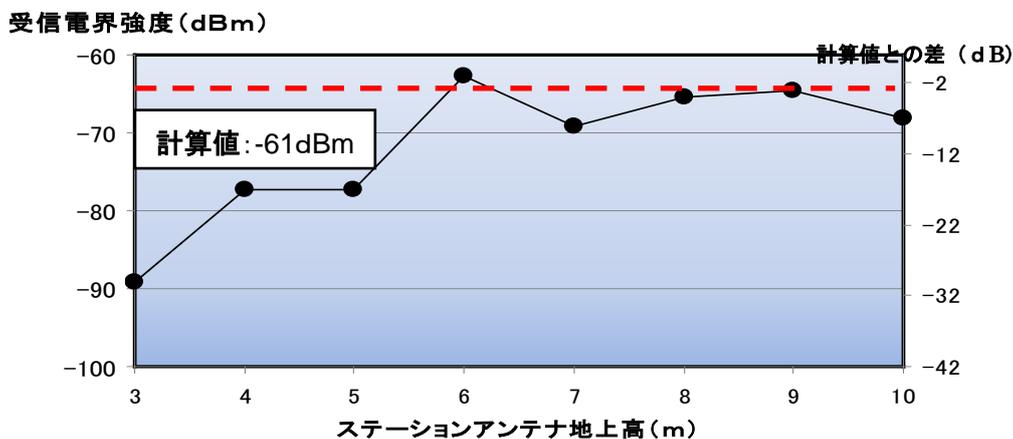
表 3.2.13 地上高による受信電界強度変化



b. 2.4G 測定結果 (参考) ステーションアンテナ地上高 (m)

- ・ パケットエラー率 : 2~10%
- ・ 送信速度 : 1200~1300kbps
- ・ 受信電界強度

表 3.2.14 地上高による受信電界強度変化



c. 考察

ステーションアンテナ前方 10m に障害距離 30m、地上高 6m 程度までの樹木があった。ただし、写真でみられるように葉や幹の密度が低いため損失は小さいため WS-UHF、2.4GHz 共、通信が可能であった。なお、WS で受信電界が計算値より上回っているが読み取り誤差と考えられる。

このような一般家庭の庭木程度の樹木による障害物であれば数 dB 程度の損失で済み、回線構成上は大きな影響はないものと考えられる。

<実測データ 2> 2-2 地点 東長江浦上集会所 (対向:えびの市役所) 距離 4 km

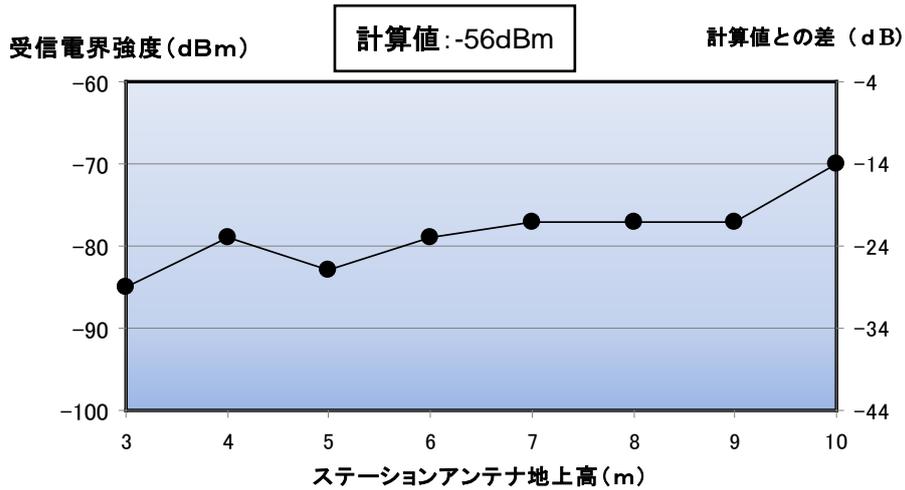
見通し図、見通し状況については 2.3.1 項参照

測定結果

a. WS-UHF 測定結果

- ・ 受信電界強度

表 3.2.15 地上高による受信電界強度変化



- ・ パケットエラー率 : 0~2%
- ・ 伝送速度 : 1280~1320kbps

b. 2.4GHz 無線 LAN 入感なし

c. 考察

通信距離 4km で、その間に深い樹木が通算約 500m の障害の場合、20dB 以上の損失となった。このような場合でも WS-UHF はパケットエラー、伝送速度共良好に通信できた。

3.2.5 リッジ回折による影響

(1)リッジによる影響通信試験結果

表 3.2.16 リッジ回折による通信試験結果

地点 番号	場所名	対向局	区間 距離	自由損 計算値 (dbm)	リッジ深さ (m)	回折損 計算値 (dB)	電界強度 計算値 (dbm)	実測値 (dBm)	その 他 の損失 (dB)
3-1	東長江浦下 集会所	市役所	2.3	-51	かすり程度	-	-51	-68/-69	-17/-18
3-2	浜川原湧水 公園	市役所	3.8	-56	10	-12	-68	-71/-76	-3/-8
3-3	堀浦地区①	市役所	9.9	-64	10	-14	-78	-83/-88	-5/-10
3-4	飯野出張所	市役所	5.3	-59	20	-15	-74	-70/-82	-/-2

(2)所見

- ① リッジ回折については 4 箇所確認できた。回折損に加え前項で述べた樹木等の障害物による損失は約 10dB の損失を目安に回線構成を想定することができる。ただし今回確認できたリッジの深さについては 1 段のリッジでありさらにリッジ深さは10～20m程度であった。多段およびさらに深いリッジ回折についてはさらなる検討が必要である。

② 実測データ例

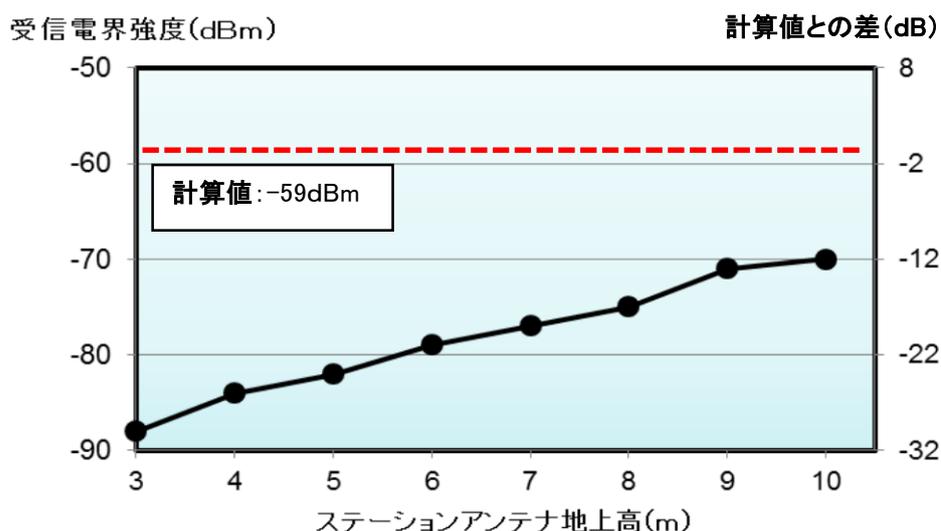
<実測データ 1> 3-4 地点 飯野出張所(距離 5.3km)

見通し図、見通し状況については 2.3.1 項参照。

a. WS-UHF 測定データ

・受信電界強度

表 3.2.17 地上高による受信電界強度変化



- ・パケットエラー率 : 1%
- ・伝送速度 : 1280kbps~1320kbps

b. 2.4GHz 無線 LAN は入感なし

c. 考察

このリッジ位置のフレネルゾーンは1次が30m、2次が43mである。この場合のリッジによりさえぎられる面積が50%程度でありエネルギーの伝搬および回折を期待した伝搬が可能である。また、リッジサイドが切れており、回折が期待できる。

結果として、アンテナ高10mで12dB、5mで23dBの減衰はあるが通信は可能であった。

3.2.6 障害物(高速道路)による影響

(1)障害物(高速道路)による影響測定結果

表 3.2.18 地上高による受信電界強度変化

地点	場所名	対向局	区間 距離	自由損 計算値	電界 H10m/H5m (dBm)	損失 (dB)	通信状況	
							WS-UHF	2.4G (参考)
4-1	栗下地区高速南側	市役所	1.2k	-46	-46/-55	0/-9	○	○
4-2	東長江浦下地区	市役所	2.9k	-53	-67/-67	-14/-14	○	×
4-3	永山地区高速西側	市役所	1.0k	-44	-44/-63	0/-19	○	△

(2) 障害物の位置図

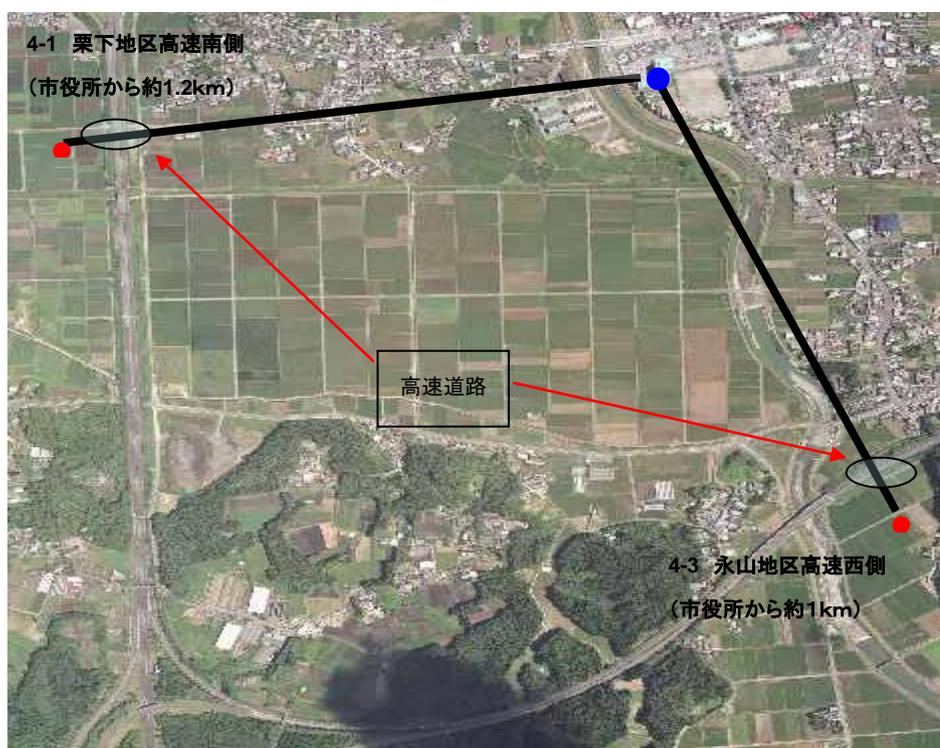


図 3.2.12 障害物の位置図

市役所から距離 1 km のところに高速が通っており高速の法面が見通しから障害物となりその影響について調査した。

(3) 所見

- ① 人造物である高速道路の法面等の障害物は地形図には記載されていない。

ここでは地上から 8m 高さの盛り土の上を高速道路が走っている場合について影響度の測定を行った。アクセスポイントを可視できるエリアでは自由空間損失により減衰量がほぼ一致していたが、次項の実測データに示すように、アンテナを下げアクセスポイントが非可視になった場合に 2.4G は回線が急激に劣化するが WS-UHF は減衰量の劣化がゆるやかである。これより多少非可視であっても回線が構築可能である。

② 実測データ例

<実測データ 1> 4-1 地点 栗下地区高速南側

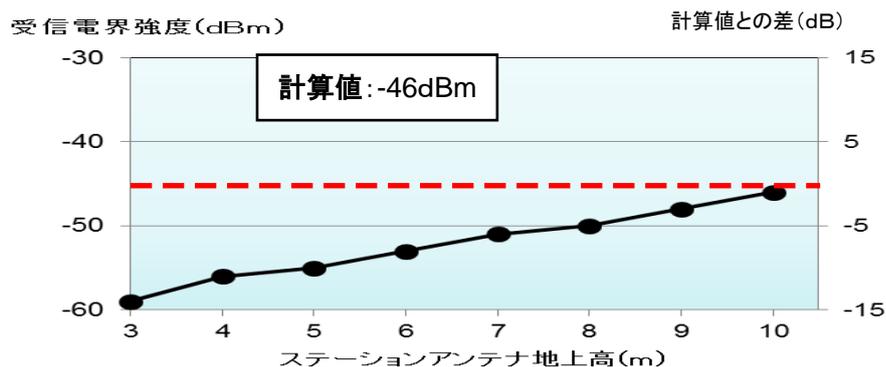
測定結果

a. WS-UHF

・パケットエラー:0~1% ・ 伝送レート :1.3Mbps

・受信電界強度

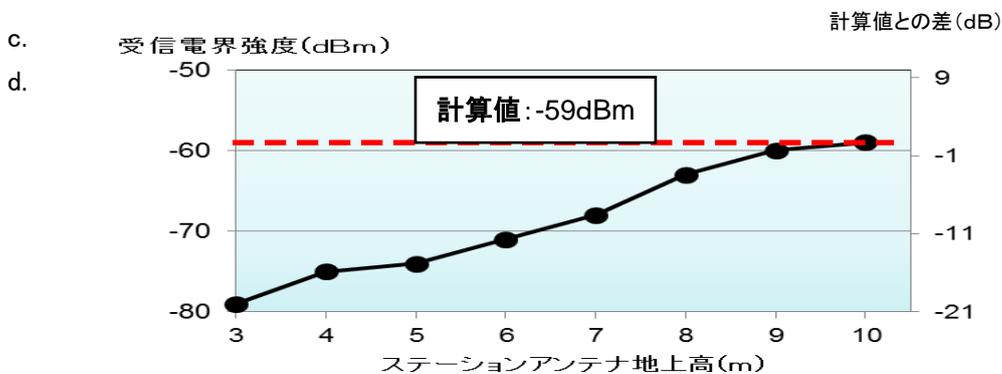
表 3.2.19 地上高による受信電界強度変化



b. 2.4GHz 無線 LAN

・受信電界強度

表 3.2.20 地上高による受信電界強度変化



c. 考察

アンテナ同士が可視の場合はほぼ自由空間ロスと一致。
 不可視でもこの場合は 2.4G も通信可能であったが急激に悪くなる傾向である。
 不可視時の WS-UHF は 2.4G に比べ減衰が少ない。
 (WS-UHF はアンテナ高を低くしても減衰がなだらか⇒回り込みが期待できる。)

3.2.7 建物による影響

(1) 建物による影響測定結果

表 3.2.21 地上高による受信電界強度変化（建物による影響）

地点	場所名	対向局	距離 (km)	電界強度 計算値	電界 H10m/H5m (dBm)	差 (dB)	ハケットロス H10m/H5m (%)	伝送速度 H10m/H5m (Mbps)
5-1	前方 500mに 明石酒造遮蔽	市役所	1.1 k	-45	-45/-49	0/-4	2/2	1.3/1.3
5-2	池島公民館	市役所	1.9 k	-50	-50/-53	0/-3	1/2	1.3/1.3
5-3	明石酒造裏 50m	市役所	0.6	-40	-50/-57	-10/-17	1/1	1.3/1.3
5-4	国際交流センター裏	市役所	1.2 k	-46	-46/-70	0/-24	0/1	1.3/1.3

(2) 所見

前項の高速道路の例と同様に人造物である建物による障害物は地形図では読めない。

① 鉄骨作りの工場の直近と 500m程度離隔した場合の影響（実測例①）

(1)の表 3.2.22 5-1 地点、5-3 地点で比較を行ったとおり、同じ建物であっても建物から離れるほど電波の回り込みが発生し減衰量が少なくなることを確認できた。

② 鉄筋コンクリートの建物の影響（実測例②）

地点 5-4 では鉄筋コンクリート-20dB 以上の減衰となったが回りこみによる通信ができることが確認できた。

③ 実測データ例

<実測データ1> 建物の遠近による影響(地上高5m)

・5-1 地点 前方 500m 明石酒造遮蔽
計算値に比べ損失:-4dB

・5-3 地点 明石酒造裏 50m
計算値に比べ損失:-17dB



図 3.2.13 建物の遠近による影響(明石酒造)

・考察

5-1 地点では市役所との中間（500m）に大きな建物があるが伝搬損失は-4dBと小さな値である。これはフレネルゾーンの1次が12m、2次が18mとなり回折が期待できるためと考えられる。

一方5-3 地点では同じ建物であるが50mに近づいた場合、-17dBと大きな損失になった。この場合、50m先のフレネルゾーンは1次で5m、2次で6.8mとなりほとんどが建物で遮断され回折の期待も小さく大きな損失となったと考える。

<実測データ2> 鉄筋コンクリートの建物の影響実測

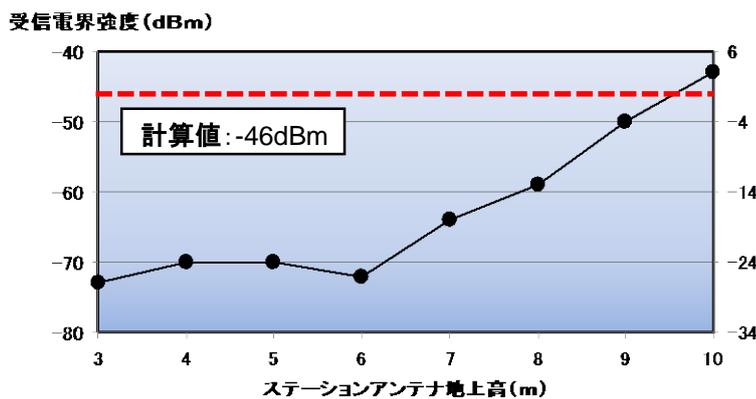
・5-4 地点 えびの市国際交流センター裏

・見通し



図 3.2.14 鉄筋コンクリートの建物の影響(えびの市国際交流センター)

・測定結果 表 3.2.22 地上高による受信電界強度変化(国際交流センター裏)



・考察

鉄筋コンクリートの建物の2mに近づいた場合、建物に完全に遮蔽された場合、-20dB以上の大きな損失になった。9m以下で見通しがきかない環境であるが建物の反射と思われる電波の回折により通信が可能であった。

3.2.8 屋内での通信試験

(1) 屋内での通信測定結果

表 3.2.23 上高による受信電界強度変化（屋内での通信）

地点	場所名	対向局	距離 (km)	電界強度 計算値 (dBm)*	電界 (dBm)*	差 (dB)	パケットロス (%)	伝送速度 (Mbps)
6-1	東内堅公民館屋内	出張所	0.7	-65	-81~-92	-16~-27	10~50	0.8~1.3
6-2	水流公民館屋内	出張所	0.6	-64	-84~-90	-20~-26	10~50	0.2~1.3

*使用アンテナ：アクセスポイント（コリニアアンテナ 5dBi）、ステーション（ホイップアンテナ 2.1dBi）

(2) 所見

本実証試験で評価した屋内における通信試験の損失は、-27dB 以下であった。モルタルとトタンの側壁による差異は感じられなかった。アクセスポイントの真幸出張所のアンテナ高は 15m であり公民館とアンテナとは直線的には屋根にあたる。屋根瓦はほとんど電波を通さないため、屋内へは反射および透過率が高い窓等から回りこんでいると考える。

取得したサンプルが少ないがこのような建物では屋内損失を約-30dB 考慮することにより屋外と直接通信が可能であると考えられる。

6-1 地点 東内堅公民館外観（モルタル）



図 3.2.15 東内堅公民館

6-2 地点 水流公民館外観（トタン）



図 3.2.16 水流公民館

(3) 実測データ

<実測データ 1> 6-1 地点 東内堅公民館内 (対向: 真幸出張所) 距離 0.72 km

a. 測定結果

受信電界強度: 単位 (dBm)

測定データ上段: WS-UHF

下段: 2.4GHz 無線 LAN

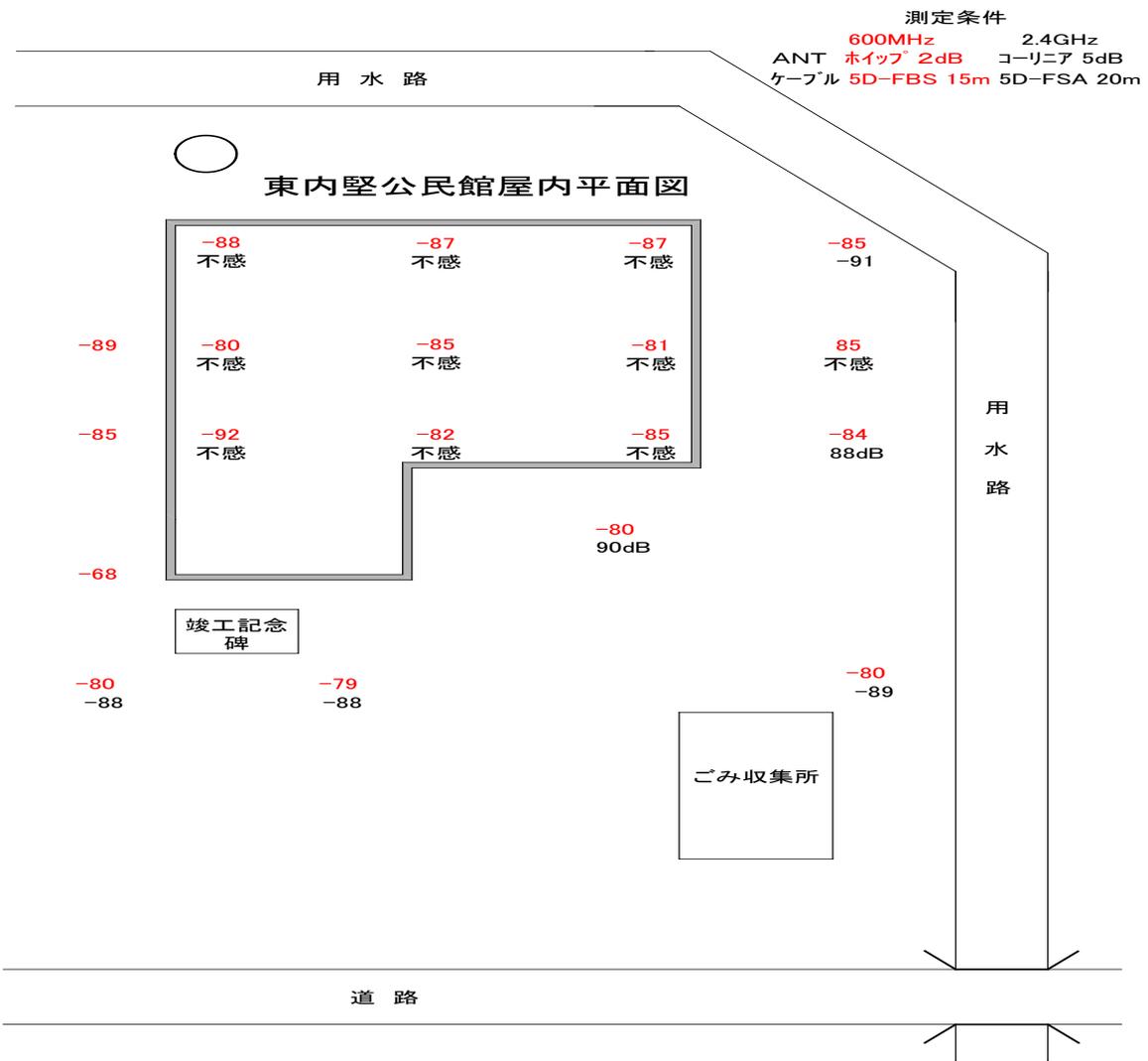


図 3.2.17 東内堅公民館内受信電界分布

<実測データ 2> 6-2 地点 水流公民館内 (対向：真幸出張所) 距離 0.62 km

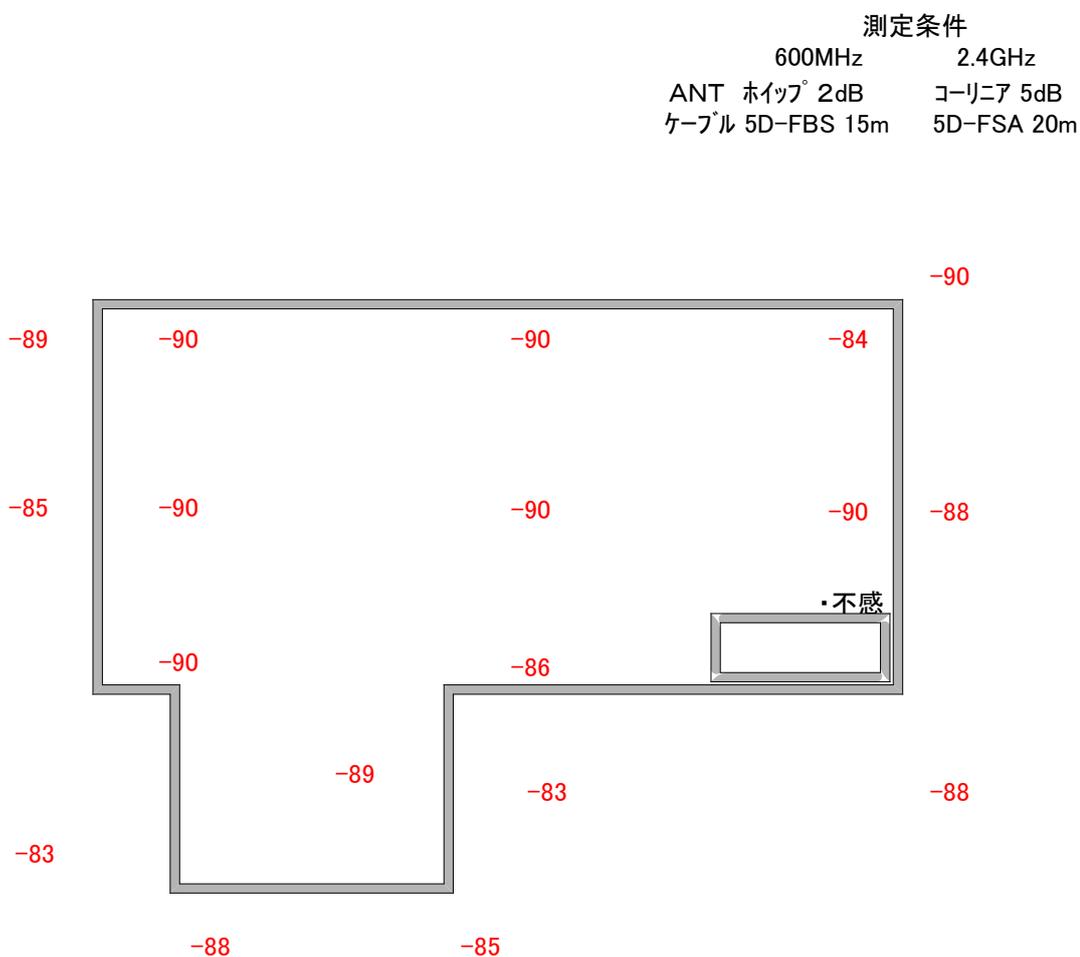
a. 測定結果

受信電界強度：単位 (dBm)

測定データ WS-UHF

2.4GHz 無線 LAN は不感

水流公民館屋内平面図



2.4GHzは不感

図 3.2.18 水流公民館内受信電界分布

3.2.9 走行試験

(1) 測定結果より

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）

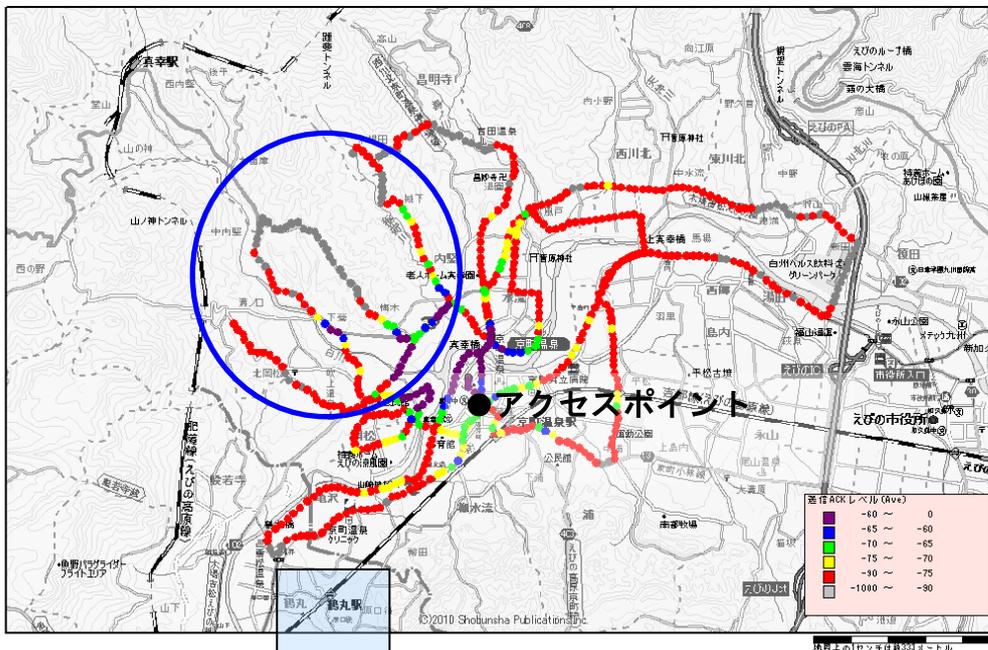


図 3.2.19 走行試験結果

深山間地域との通信が可能



図 3.2.20 通信可能地点

(2) 所見

真幸出張所をアクセスポイントとし真幸地区を走行した場合の通信はある程度山間部においても通信が可能であった。この場合アンテナが無指向性であったが、指向性アンテナにてゲインを 10dB 以上あげることが可能であるため固定間通信ではエリアが広がる。

3.3 実証試験まとめ

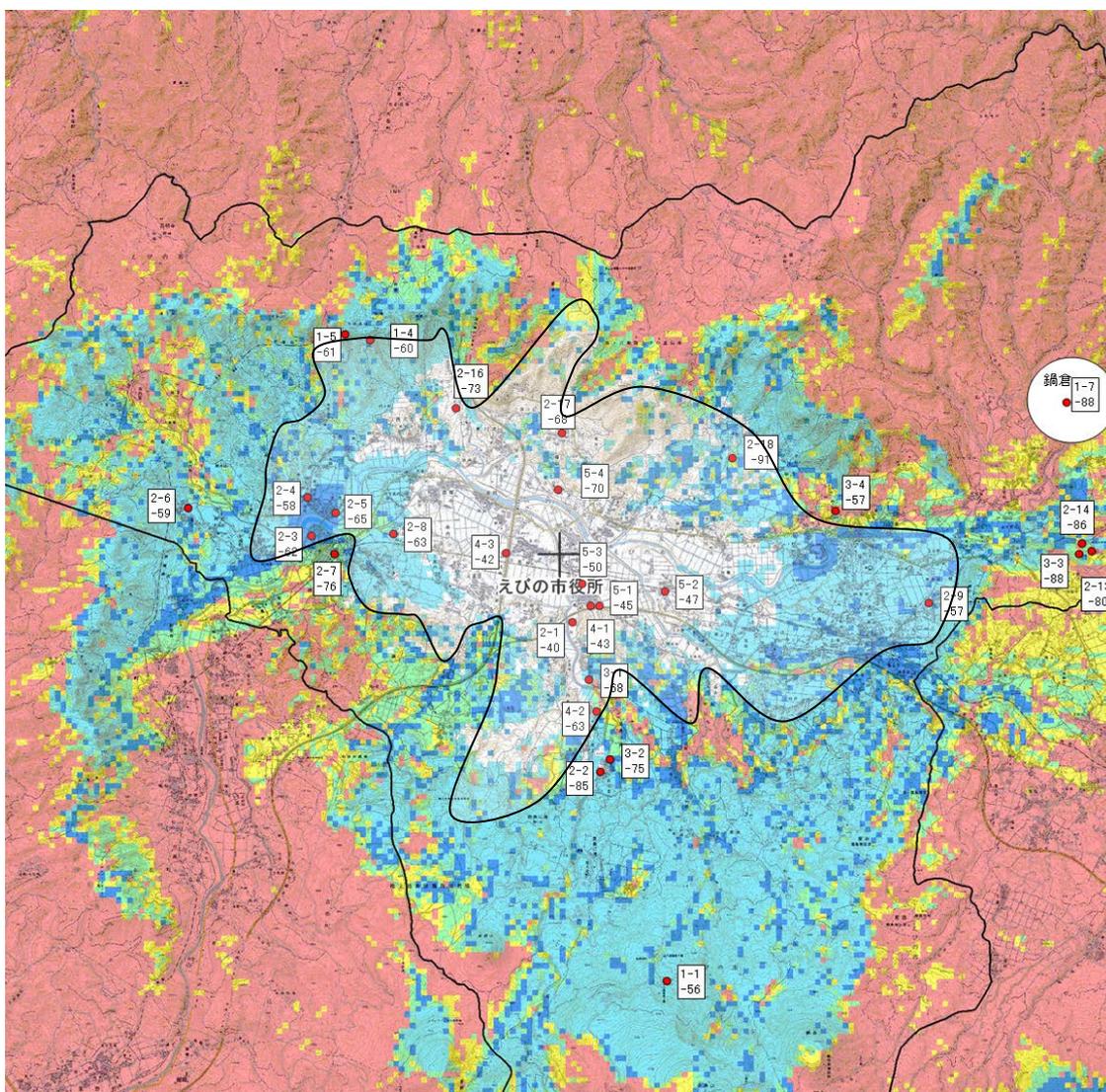
(1) 通信可能エリア

① WS-UHFシステム通信可能エリア

図 3.3.1 にえびの市役所を中心とした、想定される通信可能エリアを示す。白の透過で困っているエリアが本実証試験をもとに勘案した想定されるおおよその通信エリアである。

土地係数-10dB を考慮した受信電界-83dBm であればパケットエラー率 10%以下、伝送速度は 1.3Mbps 確保が出来る想定であり机上検討とほぼ合致すると思われる。

なお、市街地以外はデータ不足により考慮していない。



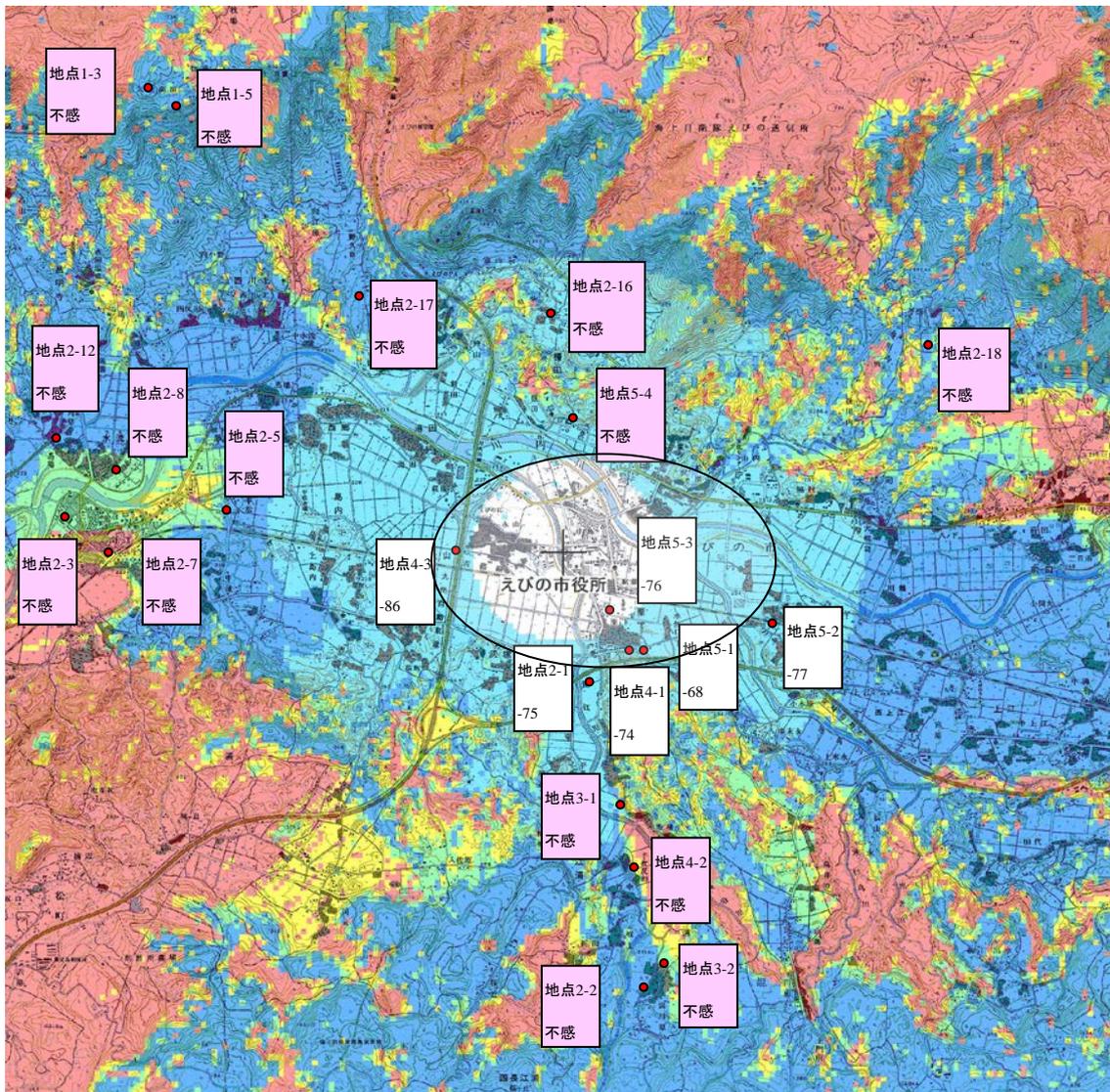
※エリアは 20 km 四方

この地図画像は国土地理院の数値地図 25000 (地図画像) 使用

図 3.3.1 WS-UHF 通信可能エリア図(想定)

②2.4GHz 無線 LAN システム通信可能エリア

2.4GHz 無線 LAN の通信可能エリアは概ね市役所半径 1 km の地域と考える。ただし障害物がある場合は回線が確保できない。



※エリアは 10km 四方

この m 地図画像は国土地理院の数値地図 25000 (地図画像) 使用

□ : 40dBuV以上	□ : -73dBm以上
■ : 30~40dBuV	■ : -83~-73dBm
■ : 20~30dBuV	■ : -93~-83dBm
■ : 10~20dBuV	■ : -103~-93dBm
■ : 0~10dBuV	■ : -113~-103dBm
■ : 0dBuV未満	■ : -113dBm未満

図 3.3.2 2.4G 無線 LAN 通信可能エリア図 (想定)

(2) 見通し試験

① 実測と計算値の比較

表 3.2.7 に示す見通し区間では自由空間損失の計算値とよく合致した結果を得た。

② 通信距離

16.6km の長距離通信では-85dBm の受信電界が得られたが、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。

(3) 樹木による影響

① 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。

② 樹木の障害物の深さとの相関について

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した。

③ 距離と受信電界について

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 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。

(4) リッジ回折

リッジ回折については 4箇所を確認できたがリッジ深さによる回折損に加え前項で述べた樹木等の障害物による損失は約 10dB を目安に回線構成を想定できる結果となった。

ただしサンプル数が少なく、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である。

(5) 高速道路による影響

アクセスポイントを可視できるエリアでは自由空間損失による計算値と減衰量がほぼ一致していたが、アンテナを下げ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 WS-UHF は減衰量の劣化がゆるやかである。

これにより多少非可視であっても回線が構築できることが確認できた。

(6) 建物による影響

① 鉄骨作りの工場の直近と 500m 程度離隔した場合では建物から離れるほど電波の回り込みが発生し減衰量が少なくなり、ステーションのアンテナ高に依存しない結果となった。

② 鉄筋コンクリートの建物の影響（実測例②）

鉄筋コンクリートの建物にかぶった場合は-20dB 以上の減衰となるが反射や回りこみによる通信ができることを確認できた。

(7) 屋内と屋外の通信

本実証試験で評価した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。モルタルとトタンの側壁による差異は感じられなかった。

アクセスポイントの真幸出張所のアンテナ高は 15mであり公民館とアンテナとは直線的には屋根にあたる。屋根瓦はほとんど電波を通さないため、屋内へは反射および透過率が高い窓等から回りこんでいると考える。

取得したサンプルが少ないがこのような建物では屋内損失を約-30dB考慮することにより屋外と直接通信が可能であると考ええる。

(8) 走行試験

真幸出張所をアクセスポイントとし、真幸地区を走行した場合の通信は、ある程度の山間部においても通信が可能であった。この場合は、アンテナが無指向性であったが、指向性アンテナにてゲインを 10dB 以上あげることが可能であるため固定間通信では深部でもエリアが確保できると考える。