

第2節 データ通信時の電波伝搬等

(1) エコタウンモデルでの伝搬測定結果

本伝搬測定結果は結果の事実のみ記載したもので、考察等は、第2章 第2節 (2)「親局と屋内子局間や屋内外での電波伝搬」にて述べる。

ア 無線機性能測定

石川県内灘町白帆台内及び、JAIST間での電波伝搬特性実証試験に先立ち、そのデータ検証のために無線機受信性能等を明らかにすることを目的として、室内環境において測定を行なった。

(7) 試験内容

今回、DCR 運用デモが中心となっており、基本測定の現地測定時間が短く、デモへの影響を最小限にするため、無線機表示画面に受信機入力電圧と BER 測定値を表示し、結果を記録した。

① 無線装置の受信特性測定

図 2-38 に示す、無線機の受信特性測定構成により希望波入力信号を標準信号発生器から無線受信機に加え、無線機表示部の値を表紙に記録した。

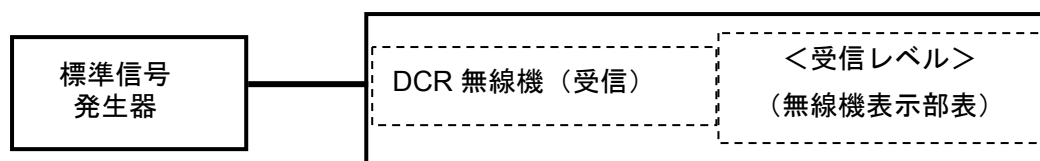


図 2-41 無線機の受信特性測定構成

② 無線装置の BER 測定と受信感度

図 2-41 に示す、無線機の BER 測定構成により、無線機に組み込んだ、「標準符号化試験信号 (符号長 511 ビット 2 値擬似雑音系列)」で変調した信号を加え、受信機に組み込んだ「標準符号化受信信号 (符号長 511 ビット 2 値擬似雑音系列)」を標準符号化試験信号と照合し、誤り率を無線機表示部に表示した。

尚、ARIB STD-T98、3. 5.2 (1) 受信感度規定により、ビット誤り率が、 1×10^{-2} となる値を受信感度とした。



図 2-42 無線機の BER 測定構成

(イ) 試験結果

無線装置の RSSI に対するアンテナ (ANT) 入力レベルと BER の測定結果から受信感度を測定した。その結果を表 2-7, 表 2-8 に示す。

機種名	IC-DU55C		IC-DU55C		IC-DU55C	
シリアルNo.	0101115		0101116		0101122	
C S M	100000215		100000216		100000222	
チャンネル	55		55		55	
周波数	467.33750MHz		467.33750MHz		467.33750MHz	
呼出名称	RMK513 ちよだ		RMK514 ちよだ		RMK520 ちよだ	
送信出力	5.16W		5.19W		5.15W	
RSSI	ANT 入力レベル	BER	ANT 入力レベル	BER	ANT 入力レベル	BER
読み取り値	[dB μ V]	[%]	[dB μ V]	[%]	[dB μ V]	[%]
22	-7.7		-6.3	3.0	-5.7	
23	-6.5		-5.2	2.6	-4.8	3.3
24	-5.7		-4.5	2.1	-3.8	1.7
25	-4.3	2.6	-3.2	1.5	-2.7	0.8
26	-3.2	1.7	-2.0	1.1	-1.6	0.3
27	-2.5	1.5	-1.1	0.7	-0.9	0.1
28	-1.0	1.0	0.0	0.6	0.5	0.1
29	-0.2	0.8	0.9	0.4	1.5	0.0
30	0.4	0.8	1.7	0.3	2.3	0.0
31	1.2	0.6	2.2	0.2	2.9	0.0
32	1.9	0.6	3.0	0.1	3.7	0.0
33	2.4	0.5	3.5	0.2	4.2	0.0
34	2.9	0.5	4.2	0.1	4.7	0.0
35	3.7	0.3	4.8	0.1	5.4	0.0
36	4.7	0.3	5.6	0.1	6.3	0.0
37	5.3	0.3	6.0	0.0	6.8	0.0
38	5.9	0.2	6.8	0.0	7.6	0.0
39	6.6	0.1	7.4	0.0	8.3	0.0
40	7.3	0.1	8.0	0.0	9.0	0.0
41	8.0	0.1	8.1	0.0	9.7	0.0
42	8.9	0.0	9.3	0.0	10.4	0.0
43	9.5	0.0	10.0	0.0	11.2	0.0
44	10.2	0.0	10.8	0.0	11.9	0.0
45	11.1	0.0	11.5	0.0	12.8	0.0

表 2-7 無線装置の BER 測定と受信感度 (1 / 2)

呼出名称	RMK513 ちよだ		RMK514 ちよだ		RMK520 ちよだ	
RSSI	ANT 入力レベル	BER	ANT 入力レベル	BER	ANT 入力レベル	BER
読み取り値	[dB μ V]	[%]	[dB μ V]	[%]	[dB μ V]	[%]
46	11.8	0.0	12.3	0.0	13.7	0.0
47	12.6	0.0	13.0	0.0	14.4	0.0
48	13.5	0.0	13.9	0.0	15.1	0.0
49	14.4	0.0	14.7	0.0	16.0	0.0
50	15.2	0.0	15.4	0.0	16.8	0.0
51	16.0	0.0	16.1	0.0	17.6	0.0
52	16.7	0.0	17.0	0.0	18.4	0.0
53	17.8	0.0	18.0	0.0	19.3	0.0
54	18.5	0.0	18.8	0.0	20.2	0.0
55	19.4	0.0	19.8	0.0	21.1	0.0
56	20.4	0.0	20.6	0.0	22.0	0.0
57	21.2	0.0	21.6	0.0	22.9	0.0
58	22.2	0.0	22.5	0.0	24.0	0.0
59	23.3	0.0	23.5	0.0	25.0	0.0
60	24.1	0.0	24.5	0.0	26.1	0.0
61	25.3	0.0	25.9	0.0	27.3	0.0
62	26.7	0.0	27.7	0.0	28.8	0.0
63	28.4	0.0	30.0	0.0	30.8	0.0
64	30.9	0.0	32.9	0.0	33.4	0.0
65	33.8	0.0	36.2	0.0	36.5	0.0
66	36.8	0.0	39.3	0.0	40.0	0.0
67	40.2	0.0	42.3	0.0	43.5	0.0
68	43.2	0.0	45.4	0.0	45.8	0.0
69	46.1	0.0	48.4	0.0	48.6	0.0
70	48.9	0.0	51.3	0.0	51.3	0.0
71	51.7	0.0	53.9	0.0	54.3	0.0
72	54.4	0.0	56.4	0.0	57.0	0.0
73	56.9	0.0	59.1	0.0	59.4	0.0
74	59.8	0.0	61.8	0.0	62.1	0.0
75	62.3	0.0	64.2	0.0	64.8	0.0
76	64.8	0.0	67.3	0.0	67.5	0.0
77	68.3	0.0	70.9	0.0	70.7	0.0
78	71.5	0.0	74.3	0.0	74.7	0.0
79	75.5	0.0	77.7	0.0	78.3	0.0
80	78.8	0.0	80.4	0.0	80.5	0.0
81	81.4	0.0	82.5	0.0	83.1	0.0
82	83.5	0.0	84.2	0.0	84.3	0.0
83	85.1	0.0	85.4	0.0	85.9	0.0

表 2-8 無線装置の BER 測定と受信感度 (2/2)

イ 現地測定結果

(7) 測定 1

内灘町白帆台—J A I S T 間（距離：約 26km）の測定値は

① 上り回線（白帆台受信）時 4.8dB μ V

② 下り回線（J A I S T 受信）時 5.3dB μ V

測定データは表 2-9 に示す。

内灘町白帆台—北 J A I S T（距離：約 26km）の位置関係を図 2-43 に示す。

<参考事項>白帆台公民館から約 500m 先に木造住宅があり、J A I S T 間は遮蔽があり、完全見通しではない。

測定諸元		測定日：平成 21 年 11 月 22 日				
		親 局 (RMKちよだ514)			子 局 (RMKちよだ513)	
測定周波数	467.3375 MHz (55CH)			467.3375 MHz (55CH)		
空中線系	種別	ホイップ		種別	ホイップ	
	利得	4.15 dBi		利得	4.15 dBi	
	地上高	2.5 m		地上高	2.5 m	
同軸ケーブル	種別	5D-2V+3D-2V		種別	3D-2V	
	長さ	10 m+4.8m		長さ	4.8m	
	損失	4.0 dB		損失	2.0 dB	
送信出力	5.19 W			5.16 W		
受信感度	(1%値)	-1.8dB μ V		(1%値)	-1.0dB μ V	
測定値						
調査地点名	上り回線 測定結果			下り回線 測定結果		
	RSSI レベル	受信レベル	BER	RSSI レベル	受信レベル	BER
	表示値	dB μ V	(%)	表示値	dB μ V	(%)
J A I S T (外部アンテナ)	35 (29~35)	4.8 (0.9~4.8)	0.00 ~ ---			
J A I S T 広場移動 (ロッドアンテナ)				37 (23~40)	5.3 (-6.5~7.3)	0.00

表 2-9 <白帆台-J A I S T 間> (遠隔制御) 測定 1 データ

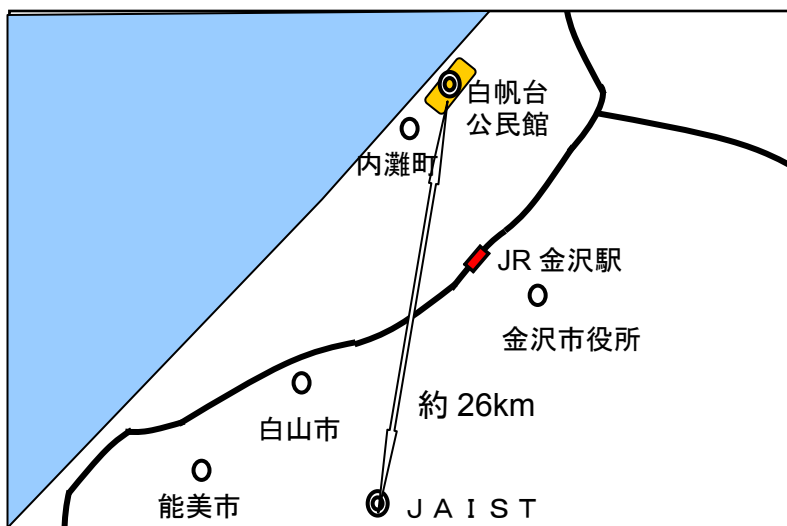


図 2-43 内灘町白帆台—JAIST 位置関係図

(イ) 測定 2 (屋外測定)

白帆台地区内の屋外 8 ヲ所に於いて測定をした。

測定データは表 2-11 に示す。又、測定場所について、図 2-44 に示す。

測定諸元		測定日：平成 21 年 11 月 22 日			
	親局 (RMKちよだ514)		子局 (RMKちよだ520)		
測定周波数	467.3375 MHz (55CH)		467.3375 MHz (55CH)		
空中線系	種別	ホイップ	種別	ロッドアンテナ	
	利得	4.15 dBi	利得	-2.5 dBi	
	地上高	2.5 m	地上高	1.5 m	
同軸ケーブル	種別	5D-2V+3D-2V	種別	—	
	長さ	10 m+4.8m	長さ	—	
	損失	4.0 dB	損失	—	
送信出力	5.19 W		5.15 W		
受信感度	(1%値)	-1.8dB μ V	(1%値)	-2.9dB μ V	

表 2-10 データ通信用無線機の性能 (屋外測定)

	調査地点（世界測地系）		上り回線 測定結果			下り回線 測定結果		
	経度	緯度	RSSI レベル	受信入力 レベル (dBμV)	BER (%)	RSSI レベル	受信入力 レベル (dBμV)	BER (%)
屋外①	E 136°39'39"	N 36°40'26"	61~62	25.9~27.7	0	65	36.5	0
屋外②	E 136°40'08"	N 36°41'03"	53~58	18.0~22.5	0.2~0.3	62	28.8	0.00~0.27
屋外③	E 136°40'33"	N 36°41'33"	31~60	2.2~24.5	----	39~40	8.3~9.0	0.13
屋外④	E 136°40'18"	N 36°41'40"	28~31	0.0~2.2	----	40~42	9.0~10.4	0.00~0.13
屋外⑤	E 136°39'56"	N 36°41'09"	33~47	3.5~13.0	0.00~1.2	41~43	9.7~11.2	0
屋外⑥	E 136°39'20"	N 36°40'22"	68~69	45.4~48.4	0	69	48.6	0.00~0.55
屋外⑦	E 136°38'56"	N 36°39'50"	48~59	13.9~23.5	0.00~0.2	61~62	27.3~28.8	0.00~0.13
屋外⑧	E 136°39'07"	N 36°39'44"	59~62	23.5~27.7	0	63~64	30.8~33.4	0.00~0.13

<白帆台公民館位置 : E 136° 39' 20"、N 36° 40' 14" >

表 2-11 測定 2 データ（屋外測定）

・測定位置関係

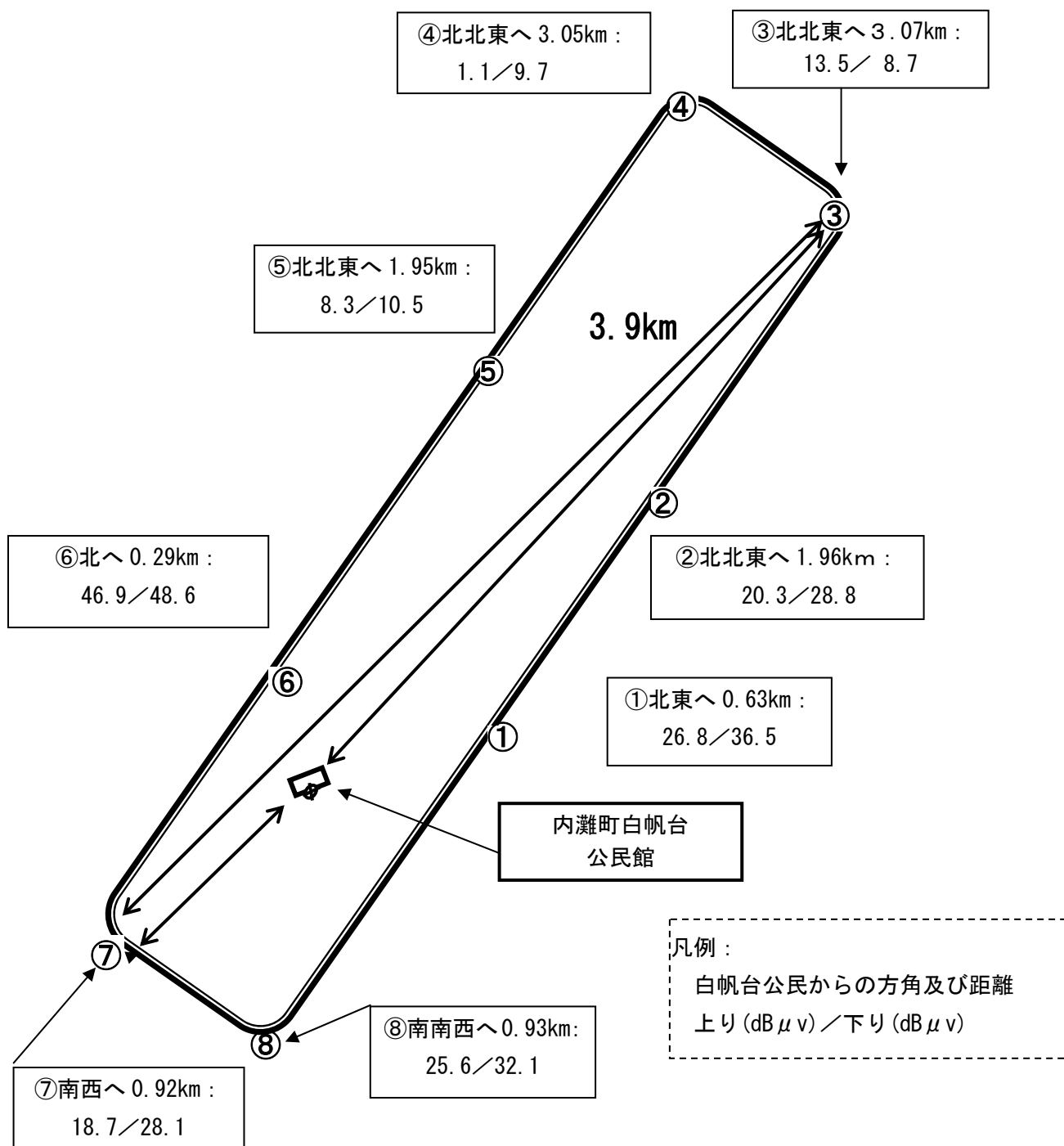


図 2-44 測定 2 (屋外測定) 場所



図 2-45 屋外測定場所①



図 2-46 屋外測定場所②



図 2-47 屋外測定場所③



図 2-48 屋外測定場所④



図 2-49 屋外測定場所⑤



図 2-50 屋外測定場所⑥



図 2-51 屋外測定場所⑦



図 2-52 屋外測定場所⑧

(ウ) 測定 3 (白帆台住宅測定)

白帆台地区内の調査住宅内外に於いて測定をした。測定データは表 2-12 に示す。
又、測定場所について、図 2-53 に示す。

測定諸元		測定日：平成21年11月23日					
	親局 (RMKちよだ514)		子局 (RMKちよだ513)				
測定周波数	467.3375 MHz (55CH)		467.3375 MHz (55CH)				
空中線系	種別	ホイップ	種別	ロッドアンテナ			
	利得	4.15 dBi	利得	-2.5 dBi			
	地上高	2.5 m	地上高	1.5 m			
同軸ケーブル	種別	5D-2V+3D-2V	種別	—			
	長さ	10 m+4.8m	長さ	—			
	損失	4.0 dB	損失	—			
送信出力		5.19 W		5.16W			
受信感度	(1%値)	-1.8dB μ V	(1%値)	-1.0dB μ V			
測定結果							
調査 地点名	上り回線 測定結果			下り回線 測定結果			上/下 平均
	RSSIレベル	受信レベル	BER	RSSIレベル	受信レベル	BER	
	表示値	dB μ V	(%)	表示値	dB μ V	(%)	
住宅 ①	61~64	25.9~32.9	0.00	69	46.1	0.00	29.4
住宅 ②	64~66	32.9~39.3	0.00	63~67	28.4~40.2	0.00	36.1
住宅 ③	63~64	30.0~32.9	0.00	65~67	33.8~40.2	0.00	31.5
住宅 ④	50~53	15.4~18.0	0.00	62~63	26.7~28.4	0.00	16.7
住宅 ⑤	61~67	25.9~42.3	0.00	67~68	40.2~43.2	0.00	31.5
住宅 ⑥	58~62	22.5~27.7	0.00	57~62	21.2~26.7	0.00	25.1
住宅 ⑦	60~64	24.5~32.9	0.00	61~63	25.3~28.4	0.00	28.7
住宅 ⑧	59~62	23.5~27.7	0.00	66~67	36.8~40.2	0.00	25.6
住宅 ⑨	67~68	42.3~45.4	0.00	67~68	40.2~43.2	0.00	43.9
住宅 ⑩	60~63	24.5~30.0	0.00	68~70	43.2~48.9	0.00	27.3
住宅 ⑪	67~69	42.3~48.4	0.00	71~72	51.7~54.4	0.00	45.4
住宅 ⑫	70~72	51.3~56.4	0.00	71~72	51.7~54.4	0.00	53.9
見通時⑬	83~87	85.4~89.7	0.00	79~80	75.5~78.8	0.00	82.4

*見通し対向距離 約30m(上り：87.5/下り：77.2)：82.35

表 2-12 測定3データ (白帆台住宅測定)

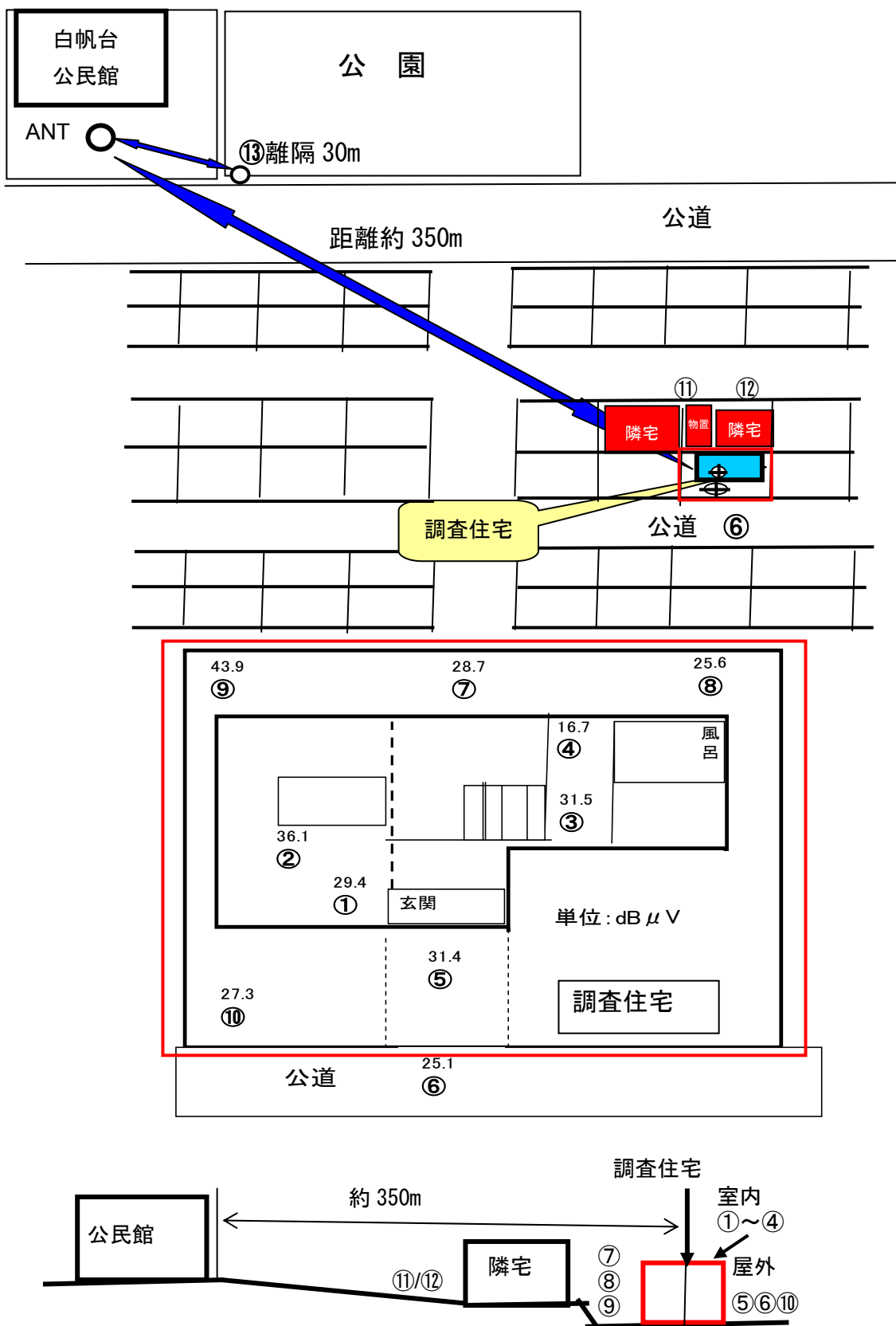


図 2-53 測定 3 の測定場所



図 2-54 住宅⑤



図 2-55 住宅⑥



図 2-56 住宅⑦



図 2-57 住宅⑧



図 2-58 住宅⑩



図 2-59 住宅①



図 2-60 住宅②

(2) 親局と屋内子局間や屋内外での電波伝搬

本項は、150MHz 帯の簡易無線のデジタル化に向け、400MHz 帯デジタル簡易無線を用いた実環境の中での電波伝搬試験の結果から、150MHz 帯デジタル簡易無線における電波伝搬を類推することを目的とする。

ア 概要

400MHz 帯デジタル簡易無線を用いた実環境の中での電波伝搬試験の結果として、①平成19年度に総務省九州総合通信局による「地域コミュニティのための情報通信システムに関する調査検討」（以下、「九州総通調査検討」という）において実施された試験の結果^{※1}、および、②本調査検討において実施された試験の結果、のふたつを用いることとした。

①については、開放地、郊外地、市街地（密集地）に所在する適当なコミュニティエリアごとの所要送信電力を求めるとともに、小ゾーンにおける周波数の繰り返し利用を想定した試験が行われた。以下に実環境の定義を示す。

	主な地形の特徴
開放地	電波到来方向に高い樹木、建物などの妨害がなく、開けている地域。目安として、前方 300m~400m が開けているような畑地、田畑、野原など
郊外地	移動局近傍に妨害物はあるが、密集していない地域、樹木、家屋の散在する村落、街道筋など
市街地	ビル、2 階以上の家屋の密集地で、都市内、大きな町内、建物と茂った樹木の混合密集した地域など

表 2-13 電波伝搬試験の実環境（開放地、郊外地、市街地）

②については、郊外地のコミュニティエリアとして白帆台を選定し、伝搬試験を行った。

※1 総務省九州総合通信局コミュニティのための情報通信システムに関する調査検討報告書 P. 42~P. 72 を参照

<http://www.soumu.go.jp/soutsu/kyushu/data/file/H19-tiiki-community.pdf>

イ 検討経過

本検討に係るスケジュールを示す。

月 日	項 目	内 容
7月30日	第2回作業部会	150MHz帯の電波伝搬の類推方法の提案
9月18日	第4回作業部会	150MHz帯の電波伝搬の類推方法の検討
10月20日	第2回調査検討会	150MHz帯の電波伝搬の類推方法の審議
11月14日	第5回作業部会	150MHz帯の電波伝搬の類推方法の検討
11月23日	電波伝搬試験	400MHz帯デジタル簡易無線機による試験
12月10日	第6回作業部会	400MHz帯試験結果と150MHz帯類推結果の検討
1月19日	第7回作業部会	報告書記載内容の検討

表 2-14 検討スケジュール

ウ 150MHz帯デジタル簡易無線における電波伝搬の類推

まず、九州総通調査検討における400MHz帯デジタル簡易無線の電波伝搬試験結果（以下、400MHz試験結果）から、拡張秦式を用いたスケーリングにより、150MHz帯デジタル簡易無線における開放地、郊外地、市街地での所要電界強度を求めた。

次に、400MHz試験結果から、拡張秦式を用いたスケーリングにより伝搬ロスを求め、150MHz帯デジタル簡易無線における開放地、郊外地、市街地での所要空中線電力を求めた。

次に、九州総通調査検討における周波数の繰り返し使用のための技術要件について、拡張秦式によるスケーリングを行い、150MHz帯デジタル簡易無線における郊外地での周波数繰り返しの条件を求めた。

最後に、本調査検討における電波伝搬試験結果から、伝搬損失の実測値が拡張秦式中央値の1σ以内に収まっていることを確認し、上記類推方法の妥当性を検証した。

(7) 所要電界強度の類推

本検証では、400MHz試験結果から、拡張秦式を用いたスケーリングにより、150MHz帯デジタル簡易無線における開放地、郊外地、市街地での所要電界強度の類推を行う。

環境	Hb (m)	Hm (m)	距離 (m)		メリット 4 を得る電界強度 (dBuV/m)	
			400MHz	150MHz (スケリング) ※1 拡張秦式による	400MHz	150MHz (スケリング) ※2 λ/π 換算
開放地	8	1.5	1200	2180	22	13.5
			2000	3670	14	5.5
			3000	5500	12	3.5
			4300	7850	20	11.5
			5000	9150	22	13.5
郊外地	8	1.5	200	373	9	0.5
			400	745	22	13.5
			600	1120	30	21.5
			800	1490	24	15.5
市街地	8	1.5	200	414	9	0.5
			400	825	28	19.5

※1 拡張秦式により、400MHz における伝搬ロスと同等になる、150MHz の距離を算出した。

※2 $20\log(\lambda/\pi)$ で換算した。

(注) 送受信にダイポールアンテナを使用する条件で、400MHz 帯に比べて 150MHz 帯では電界強度が低くても通信ができる。

表 2-15 電波伝搬試験の結果と所要電界強度

(イ) 所要空中線電力の類推

本検証では、400MHz 試験結果から、拡張秦式を用いたスケリングにより伝搬ロスを求め、150MHz 帯デジタル簡易無線における開放地、郊外地、市街地での所要空中線電力の類推を行う。

環境	Hb (m)	Hm (m)	距離 (m)	伝搬ロス (dB)		空中線電力 (dBm)	
				400MHz (実測)	150MHz (スケリング) ※1 拡張秦式による	400MHz (九州総通調査検討による値)	150MHz (スケリング) 伝搬ロスの差による
開放地	8	1.5	1200	89.7	80.5	+10	0
郊外地	8	1.5	600	110.7	101.2	+20	+10
市街地	8	1.5	400	114.7	103.6	+27~30	+17~20

※1 拡張秦式により、400MHz と 150MHz における伝搬ロスを算出し、その差を実測値から引いたもの。

表 2-16 電波伝搬試験の結果と所要空中線電力

(ウ) 郊外地における周波数繰り返しの条件の類推

本検証では、九州総通調査検討における周波数の繰り返し使用のための技術要件について、拡張秦式（Suburban）によるスケーリングを行い、150MHz 帯デジタル簡易無線における郊外地での周波数繰り返しの条件の類推を行った。

(イ)の結果から、400MHz から 150MHz へのスケーリングにより、600 m 地点での受信電力が同等となるように、空中線電力を「+10dBm」に設定することで、九州総通調査検討における周波数の繰り返し使用のための技術要件と同様に、郊外地においては「9周波繰り返し」が可能と類推できる。

(I) 類推結果の妥当性の検証

第2章第2節(1)の測定2（屋外）の結果から、本項における類推結果の妥当性を検証した。

下表に、下り測定結果による伝搬損失と、拡張秦式（Open area）による伝搬損失を示す。

No.	場所	Hb (m)	Hm (m)	送信電力 (W)	TX-ANT 利得 (dBi)	RX-ANT 利得 (dBi)	TX 給電損失 (dB)	受信電圧 (dBuV)	伝搬距離 (km)	伝搬損失 (dB)	拡張秦式 ^{※1} 伝搬損失 (dB)	実測－拡張秦式 損失差異 (dB)
1	屋外①	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	36.5	0.63	111.1	107.6	3.5
2	屋外②	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	28.8	1.96	118.8	124.9	-6.1
3	屋外③	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	8.7	3.07	138.9	131.8	7.1
4	屋外④	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	9.7	3.05	137.9	131.7	6.2
5	屋外⑤	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	10.5	1.95	137.1	124.9	12.2
6	屋外⑥	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	48.6	0.29	99.0	95.7	3.3
7	屋外⑦	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	28.1	0.92	119.5	113.4	6.1
8	屋外⑧	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	32.1	0.93	115.5	113.5	2.0

※1 拡張秦式（Open Area）により、伝搬距離に対する伝搬ロスを算出した。

表 2-17 測定 2（屋外）の測定結果と拡張秦式による伝搬ロスのまとめ

8ヶ所の試験場所における伝搬損失について、実測と拡張秦式の差異は、屋外⑤を除けば拡張秦式中央値の1σ内（±7.5dB）に収まっており、今回のケースにおいて拡張秦式（Open area）が適用できると判断できる。

したがって、(1)～(3)で検討した拡張秦式による類推結果は、妥当性を持っていると判断できる。

<i>Dist.Range</i>	<i>Env.</i>	<i>Frequency Range</i>	<i>Median Loss</i>
$d \leq 0.04\text{km}$			$L = 32.4 + 20 \log(f) + 10 \log(d^2 + (H_b - H_m)^2 / 10^6)$
$0.04 < d < 0.1\text{km}$			$L = L(0.04) + \{[\log(d) - \log(0.04)] / [\log(0.1) - \log(0.04)]\} \times [L(0.1) - L(0.04)]$
$d \geq 0.1\text{km}$	Urban	$30 < f \leq 150\text{MHz}$	$L = 69.6 + 26.2 \log(150) - 20 \log(150/f) - 13.821 \log(\max\{30, H_b\}) + [44.9 - 6.55 \log(\max\{30, H_b\})](\log(d))^a - a(H_m) - b(H_b)$
		$150 < f \leq 1500\text{MHz}$	$L = 69.6 + 26.2 \log(f) - 13.82 \log(\max\{30, H_b\}) + [44.9 - 6.55 \log(\max\{30, H_b\})](\log(d))^a - a(H_m) - b(H_b)$
		$1500 < f \leq 2000\text{MHz}$	$L = 46.3 + 33.9 \log(f) - 13.82 \log(\max\{30, H_b\}) + [44.9 - 6.55 \log(\max\{30, H_b\})](\log(d))^a - a(H_m) - b(H_b)$
		$2000 < f \leq 3000\text{MHz}$	$L = 46.3 + 33.9 \log(2000) + 10 \log(f/2000) - 13.82 \log(\max\{30, H_b\}) + [44.9 - 6.55 \log(\max\{30, H_b\})](\log(d))^a - a(H_m) - b(H_b)$
	Suburban		$L = L(\text{urban}) - 2 \{ \log[\min\{\max\{150; f\}; 2000\}] / 28 \}^2 - 5.4$
	Open area		$L = L(\text{urban}) - 4.78 \{ \log[\min\{\max\{150; f\}; 2000\}] \}^2 + 18.33 \log[\min\{\max\{150; f\}; 2000\}] - 40.94$

L : median propagation loss (dB)

f : frequency (MHz)

H_m : $\min\{h_1, h_2\}$

H_b : $\max\{h_1, h_2\}$

d : distance (km), preferably less than 100 km

$a(H_m) = (1.1 \log(f) - 0.7) \min\{10, H_m\} - (1.56 \log(f) - 0.8) + \max\{0, 20 \log(H_m/10)\}$

$b(H_b) = \min\{0, 20 \log(H_b/30)\}$

Note that for short range devices in the case of low base station antenna height, H_b ,

$b(H_b) = \min\{0, 20 \log(H_b/30)\}$ is replaced by:

$b(H_b) = (1.1 \log(f) - 0.7) \min\{10, H_b\} - (1.56 \log(f) - 0.8) + \max\{0, 20 \log(H_b/10)\}$

$$a = \begin{cases} 1 & \text{for } d \leq 20\text{km} \\ 1 + (0.14 + 1.87 \times 10^{-4} f + 1.07 \times 10^{-3} H_b) [\log(d/20)]^{0.8} & \text{for } 20\text{km} < d \leq 100\text{km} \end{cases}$$

表 2-18 拡張秦式 (REPORT ITU-R SM. 2028-1, 2-1 P26~27 に基づく)

(オ) 測定3（白帆台住宅測定）の結果と考察

下表に、下り測定結果を示す。

No.	場所	Hb (m)	Hm (m)	送信 電力 (W)	TX-ANT 利得 (dBi)	RX-ANT 利得 (dBi)	TX 給電損失 (dB)	受信電圧 (dB μ V)	屋内/屋外
1	住宅①	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	46.1	内
2	住宅②	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	34.3	内
3	住宅③	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	37	内
4	住宅④	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	27.6	内
5	住宅⑤	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	41.7	外
6	住宅⑥	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	24	外
7	住宅⑦	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	26.9	外
8	住宅⑧	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	38.5	外
9	住宅⑨	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	41.7	外
10	住宅⑩	2.5	1.5	5	4.15	-2.5	4	46.1	外

表 2-19 測定3（白帆台住宅測定）の測定結果のまとめ

屋内における受信電圧の平均値は、36.3dB μ Vであった。

屋外における受信電圧の平均値は、36.5dB μ Vであった。

以上の結果から、400MHz帯における木造住宅の屋内外での受信電圧の差異はほとんどないことが分かった。これは、九州総通調査検討における結果と同様の傾向である。

したがって、400MHz帯よりも遮蔽物の影響をより受けにくい150MHzにおいても、木造住宅の屋内外での受信電圧に大きな差異は出ないものと思われる。

エ 留意事項

本項における検討は、九州総通調査検討における400MHz試験結果、および本調査検討における試験結果から類推したものであり、これらのエリア以外では個々のエリアにおける地理上の違いから、異なる電波伝搬特性となることが十分考えられる。

したがって、150MHz帯デジタル簡易無線を、個々のエリアにおいて地域コミュニティ用の情報通信システムとして運用するにあたっては、電波伝搬調査を行うことが必要である。

(3) 送信時間制御内での最大データ伝送量

デジタル簡易無線は、送信時間制限装置が無線設備規則・告示平20第四百六十七号で以下のように定められている。

「連続して5分を超える電波の発射をしようとした場合に、自動的にその送信を停止し、その停止から1分以上経過した後でなければ送信を行わないものである。」

デジタル簡易無線の3変調方式（実数零点単側波帯変調、四分の π シフト四相位相変調又は四値周波数偏位変調）のうち、4値FSK方式（四値周波数偏位変調）のデータ通信について、理論的に5分間の最大データ伝送量がどれくらいか解説する。また、今回実験を行った静止画像伝送でどれくらいのデータ伝送量があったか検証する。

ア 4値FSK方式の信号フレーム

デジタル簡易無線は送信開始の始めに同期バーストが送出され、次に通信用チャンネルの信号フレームが繰り返し連続して送出される。通信用チャンネル（384ビット）における信号フォーマット（ビット配列）は、下表に示すとおりである。

SW	RI	SACCH	TCH1	TCH2
20	16	60	144	144

SW:同期ワード

RI:無線情報チャンネル(RICH)

SACCH: 低速付随制御チャンネル

TCH1/2:トラヒックチャンネル

表 2-20 通信用チャンネルの信号フォーマット

データ通信を行うときのデータは、このフレームのTCH1とTCH2に格納され送出される。フレーム長は80msで288(144+144)ビット送出できる。これは全てデータを格納した場合で、ARIB STD-T98の4章に規定する誤り訂正を実施した場合は、エラー訂正ビットが挿入されるためデータ伝送量は少なくなる。それぞれの伝送量は下記の通りである。

1秒間データ伝送量（誤り訂正なし）	3,600ビット
1秒間データ伝送量（誤り訂正あり）	2,000ビット
5分間データ伝送量（誤り訂正なし）	135キロバイト
5分間データ伝送量（誤り訂正あり）	75キロバイト

イ 静止画伝送

実験では、VGAの画像をHix静止画像高圧縮装置で画像容量が3,6,9,12,15,18,21KBに圧縮して伝送を行った。それぞれの伝送した画像と伝送時間及び伝送枚数を記載する。

画像容量	画像伝送量	伝送時間	伝送速度	5分間の伝送枚数	
				送信枚数	全伝送量
KB	Bytes	Sec	bps	枚	KB
3	3,070	10.0	2,456.0	30	92.1
6	6,126	16.9	2,899.9	17	108.7
9	9,202	23.8	3,093.1	12	116.0
12	12,282	31.1	3,159.4	9	118.5
15	15,362	38.0	3,234.1	7	121.3
18	18,446	46.0	3,208.0	6	120.3
21	21,514	53.2	3,235.2	5	121.3
平均			3,040.8		114.0
最大			3,235.2		121.3

表 2-20 画像容量と伝送時間及び伝送枚数

画像容量が 3KB のときは 2,456.0 bps に対し 21KB のときは 3,235.0 bps に上がっているが、これは画像伝送を開始したときに「画像伝送要求」のネゴシエーションを行う時間があり、画像容量が大きいとこの時間の影響が少なくなるためである。

画像容量 3KB 伝送時間 10.0 秒 5分間の伝送枚数 30 枚



図 2-61 画像容量 3KB の伝送画像

画像容量 9KB 伝送時間 23.8 秒 5 分間の伝送枚数 12 枚



図 2-62 画像容量 9KB の伝送画像

画像容量 15kB 伝送時間 38.0 秒 5 分間の伝送枚数 7 枚



図 2-63 画像容量 15KB の伝送画像

画像容量 21KB 伝送時間 53.2 秒 5 分間の伝送枚数 5 枚



図 2-64 画像容量 21KB の伝送画像