

無線 LAN の実験

各種規格の使用環境での比較

2004 年 3 月

モバイルブロードバンド協会
ハードウェア分科会

目次

1. 緒言.....	3
2. 実験の概要.....	4
2.1. 場所.....	4
2.1.1. 電波暗室.....	4
2.1.2. 戸建住宅.....	4
2.1.3. 集合住宅.....	5
2.1.3.	5
2.1.4. 古民家.....	6
2.2. 実験方法.....	6
2.2.1. 実験機器構成.....	6
2.2.2. 測定ツール.....	7
2.2.3. 機器の設定.....	7
2.2.4. 測定手順.....	8
2.2.5. 測定手順（電波暗室）.....	8
2.3. 機材一覧.....	8
2.3.1. アクセスポイント（2.4GHz 帯測定用）.....	8
2.3.2. アクセスポイント（5.2GHz 帯測定用）.....	9
2.3.3. 802.11g 対応無線 LAN カード.....	10
2.3.4. 802.11a 対応無線 LAN カード.....	10
2.3.5. AP 側 PC.....	11
2.3.6. クライアント PC.....	11
3. 結果.....	12
3.1. 電波暗室での実験結果.....	12
3.2. 戸建住宅での実験結果.....	14
3.3. 集合住宅での実験結果.....	18
3.4. 古民家での実験結果.....	22
4. 考察.....	25
4.1. 電波暗室での実験.....	25
4.2. 戸建住宅、集合住宅での実験.....	25
4.3. 古民家での実験.....	25
5. 結言.....	26

1. 緒言

最近、無線 LAN も IEEE802.11b だけでなく、11a、11g も急速に普及し、低価格化も進んでいる。またアクセスポイント、LAN カードでは複数の方式のハイブリッド化も進みつつある。ただ、11b に比べ、11a や 11g の公称速度は相当高いと言われているが、実使用環境での性能はどうかあまり報告されていない様である。

そこで、モバイルブロードバンド協会(MBA)ハードウェア分科会(若林則章分科会長)では、昨年 10 月より 12 月まで、2003 年度の実験プロジェクトとして、IEEE802.11a、b、g の 3 規格について、実地で性能比較を行った。

実験方法は、代表的な住環境を何箇所か選定し、3 規格のスループットをそれぞれ測定し、結果を相互比較することとした。まず最初にはレファランスとして日本アンテナ株式会社殿のご好意で川里工場(埼玉県)の電波暗室を借用し、3 規格のスループットを測定した。次いで、パナホーム株式会社殿のご好意で都内の一般戸建住宅、及び、有限会社テックトリリオンのご好意で都心部のマンション居室、日本民家園(川崎市)のご好意で日本の典型的な古民家を借用し、各方式の測定を行った。実際の住宅は、建築材料的にみると、反射の多いものが使用されていたり、逆に、吸収の多いものが多用されていたりして、その差はかなり大きい。建築構造面からは、大きな吹き抜けがあったり、電波が通りにくい浴室、ガレージ等の部屋があったりして様々である。

以下に、これら実験の内容を具体的に述べる。

2. 実験の概要

2.1. 場所

2.1.1. 電波暗室

日時： 2003年10月16日

場所： 埼玉県北埼玉郡 川里町 日本アンテナ株式会社 川里工場

選定理由： 実際の使用環境でのテストを行う際に、無線装置自体の基礎データを収集するため、妨害や反射などのない電波暗室での測定を行うこととした。（写真1）

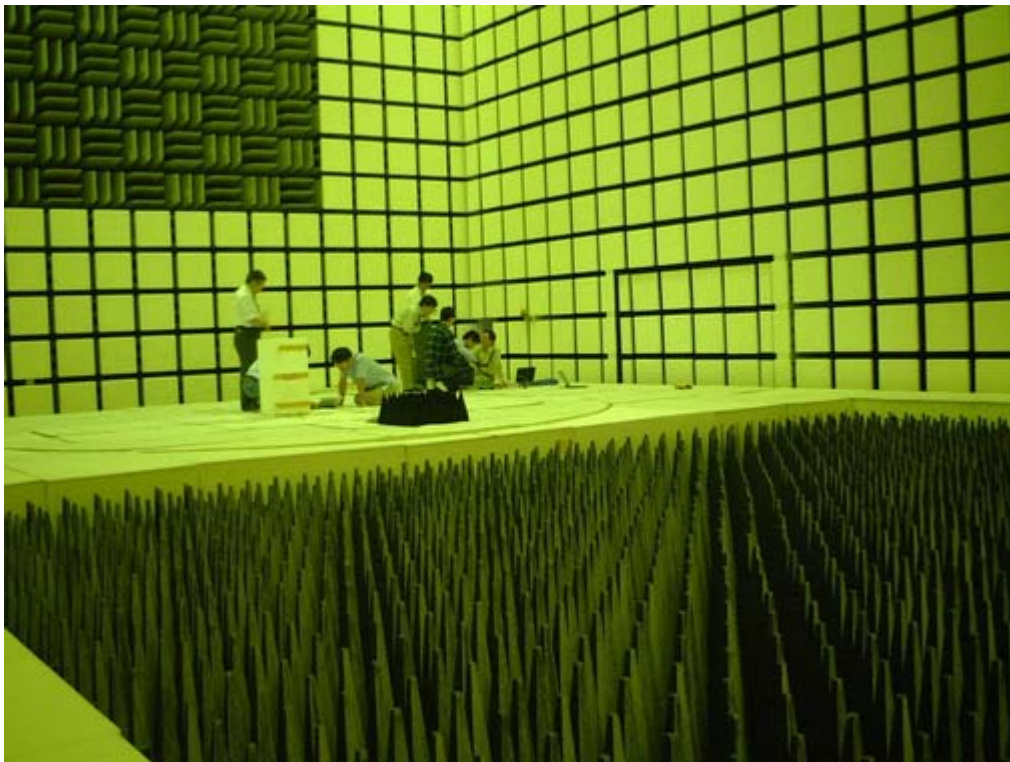


写真 1 電波暗室 内部

2.1.2. 戸建住宅

日時： 2003年10月31日

場所： 東京都世田谷区

選定理由： 実使用環境として一般家庭を想定し、戸建住宅を選定した。

建物説明： 4LDKの軽量鉄骨造2階建ての家屋であり、床面積は136平方メートルとなっている。今回は入居前の建て売り住宅を利用したので、家具などはない状態である。（写真2）



写真 2 戸建住宅外観

中央奥の屋根の片方だけが見えている住宅で実験を行った。左手前は隣戸。プライバシーと防犯を考慮して意図的に画像を加工している。

2.1.3. 集合住宅

日時： 2003年11月16日

場所： 東京都新宿区

選定理由： 実使用環境として、マンションや小規模オフィスを想定し、鉄筋コンクリートのビルを選定した。

建物説明： 築約40年の鉄筋コンクリートマンションで、2LDK（面積約74平方メートル）の間取りとなっている。現在オフィス兼住宅として利用されている。（写真3）



写真 3 集合住宅 外観

2.1.4.

2.1.4. 古民家

日時： 2003年12月8日

場所： 神奈川県川崎市多摩区枳形7-1-1 川崎市立日本民家園

選定理由： 伝統的建築方法による古民家は、無線工学的見地から興味深い対象である。

建物説明： 出羽三山の麓から移築した妻入り農家。屋根の途中にハッポウと呼ぶ曲線の美しい高窓を有している。豪雪地帯の建物らしく内部へ直接に入れないように入り口にアマヤを設けている。18世紀後期の建築である。（同園ウェブページより引用。）（写真4）



写真 4 古民家 外観

2.2. 実験方法

2.2.1. 実験機器構成

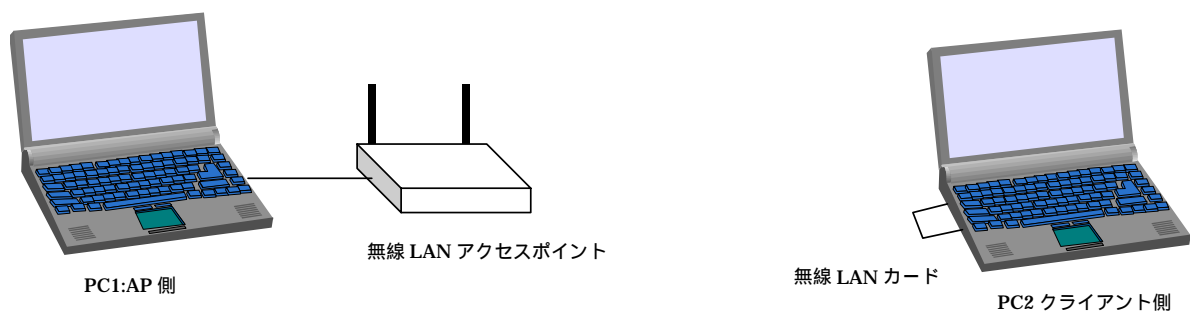


図 1 実験機器構成図

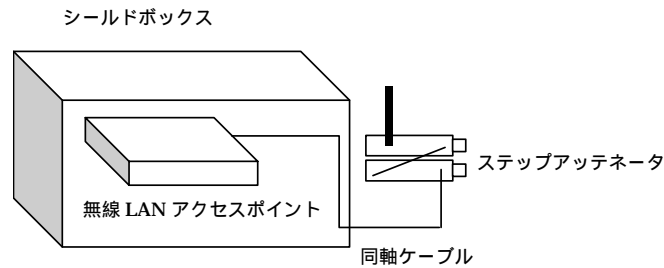


図 2 シールドボックスを使用する場合

2.2.2. 測定ツール

今回の測定では `ttcp` の Windows 版を使用する。PC1 側 (AP 側) を送信とし、PC2 側 (クライアント) を受信とする。DOS プロンプトより、送信側は `ttcpw -t [IP アドレス]` と入力し、受信側は `ttcpw -r` と入力する。今回、`ttcp` の設定はデフォルトとし、1 回の測定で TCP により 16,777,216 バイトのデータ転送が行われる。

`ttcp` については下記を参照のこと

<http://www.ccci.com/tools/ttcp/> <ftp://ftp.sgi.com/sgi/src/ttcp/>

<http://jerry.cat.pdx.edu/netlab/products/ttcp/>

2.2.3. 機器の設定

無線LANアクセスポイント

モードはインフラストラクチャーモードとし、ネットワークはブリッジモードとする。

表 1 各モードでの設定

測定規格	アクセスポイント	無線モード設定	チャンネル(中心周波数))
802.11b	WBR-G54	802.11b	1(2412MH)
802.11g	WBR-G54	802.11g専用	1(2412MHz)
802.11a	RDA5000	802.11a	34(5170MHz)

WBR-G54の送信電力は22mWに設定。

クライアント

各方式に於ける設定は下記の通りとした。

IEEE802.11a : 変調レート可変

IEEE802.11g : 変調レート可変

IEEE802.11g : 54Mbps 固定

IEEE802.11b : 変調レート可変

電源についてはコンセントがある場所では、ACアダプタを接続した状態で測定を行う。

2.2.4. 測定手順

- 無線LANアクセスポイントとPC1をあらかじめ決めた位置に置く（資料編図1～6）。
- クライアントのPC2との通信確認をPingで行う。
- クライアントを測定ポイントへ置く。このときできる限り人が持たずに、床や台の上に置く。また戸などが閉められる場合には閉めて測定する。
- `ttcp`にて3回転送を行い、結果を記録する。
- クライアントを次のポイントへと移動させ、同様に測定を行う。
- 無線LANアクセスポイントの設置箇所を変更し、全ての測定ポイントにて同様の測定を行う。

2.2.5. 測定手順（電波暗室）

- 無線LANアクセスポイントを基準位置に置く。
- クライアントを測定ポイントへ置く。このとき発泡スチロールの台に乗せる。
- `ttcp`にて3回転送を行い、結果を記録する。
- クライアントをアクセスポイントから遠ざけ、同様に測定を行う。
- 最大距離にて通信可能であれば、さらにアッテネータ量を増やし、通信速度が落ちるまで測定を行う。

2.3. 機材一覧

2.3.1. アクセスポイント（2.4GHz 帯測定用）

製品名： WBR-G54 株式会社バッファロー製
 規格： IEEE802.11g(draft) / IEEE802.11b（無線LAN標準互換プロトコル）準拠
 ARIB STD-T66(2.4GHz帯小電力データ通信システム規格)
 伝送方式： 直接拡散型スペクトラム拡散(DS-SS方式)、直交周波数分割多重変調(OFDM方式)、
 単信(半二重)
 周波数範囲： 2,412～2,472MHz(13ch)
 データ転送速度：6 / 9 / 12 / 18 / 24 / 36 / 48 / 54Mbps(IEEE802.11g)、1 / 2 / 5.5 /
 11Mbps(IEEE802.11b)
 アクセス方式： インフラストラクチャモード、WDSモード
 アンテナ： ダイバシティ方式(内蔵)

外付アンテナ

製品名： WLE-NDR 株式会社バッファロー製
 アンテナ： スリーブ型無指向性アンテナ
 周波数範囲： 2,412～2,484MHz(1～14ch)
 最大入力電力： 1W
 ケーブル長： 1.5m

2.3.2. アクセスポイント (5.2GHz 帯測定用)

製品名：RDA5000 ルート株式会社製

無線部【5.2GHz帯・54Mbps(IEEE802.11a準拠)】

国際規格： IEEE802.11a準拠

国内規格： ARIB STD -T71

通信方式： 単信方式

電送方式： 直交周波数分割多重方式(OFDM)

変調方式： OFDM-BPSK、QPSK、16QAM、64QAM

使用周波数範囲： 5150 ~ 5250MHz(5.2GHz帯)

チャンネル数： 全4ch

通信速度： 自動、54/48/36/24/18/12/9/6Mbps

最大伝送距離： 屋内（見通し）：約30m以内(54Mbps通信時)

電波法により、屋内使用に限定。

グループ通信： SSID(ANY拒否機能搭載)

外部アンテナ： ダイバーシティーアンテナ

セキュリティー： WEP(RC4)：64(40)/128(104)/152(128)ビット

OCB AES： 128(128)ビット

MACアドレス登録

送信出力： 10mW/MHz以下

受信感度： -65dBm以下(54Mbps)

フレームエラーレート = 10%

復調方式： OFDM復調

対応機種： PC/AT互換機(DOS/V)

一般仕様

入力電圧： DC7.5V標準(DC7.125 ~ 7.825V)

ACアダプター（付属品）は、AC100V ± 5%

消費電流： 1.2A（最大）

接地方式： マイナス接地

使用環境： 温度0 ~ +55、湿度5 ~ 95%（結露状態を除く）

外形寸法： 230(W) × 38(H) × 167(D)mm(突起物を除く)

重量： 約780g（付属品を除く）

適合規格： クラスA情報技術装置(VCCI)

有線部

インターフェイス：

[WAN]部： [Ethernet]ポート（RJ-45型）× 1

IEEE802.3/10BASE-T準拠

IEEE802.3u/100BASE-TX準拠

[有線LAN]部： [Ethernet]ポート（RJ-45型）× 1

極性反転スイッチ有り
 IEEE802.3/10BASE-T準拠
 IEEE802.3u/100BASE-TX準拠
 [無線LAN]部： miniPCI(Type)カード×2
 [ユーザー]部： 状態表示ランプ(POWER、MODE、WAN、LAN、WIRELESS /)、[HUB/PC]
 スイッチ、MODE ボタン、RESET ボタン
 適用回線： CATV、xDSL、FTTH、ローカル
 通信速度： [WAN]部： 10/100Mbps (自動切り替え/全二重)
 [LAN]部： 10/100Mbps (自動切り替え/全二重)

2.3.3. 802.11g 対応無線 LAN カード

製品名： WLI-CB-G54 株式会社バッファロー製
 インターフェース： CardBus
 規格： IEEE802.11g/IEEE802.11b (無線LAN標準互換プロトコル) 準拠
 ARIB STD-T66 (2.4GHz帯小電力データ通信システム規格)
 伝送方式： 直接拡散型スペクトラム拡散 (DS-SS方式)、直交周波数分割多重変調 (OFDM
 方式)、単信 (半二重)
 周波数範囲： 2,412 ~ 2,472MHz(13ch)
 データ転送速度： 6 / 9 / 12 / 18 / 24 / 36 / 48 / 54Mbps(IEEE802.11g)
 1 / 2 / 5.5 / 11Mbps(IEEE802.11b)
 アクセス方式： インフラストラクチャモード、無線LANパソコン間通信(Wi-Fi)
 アンテナ： ダイバシティ方式 (内蔵)

2.3.4. 802.11a 対応無線 LAN カード

製品名： SL-5000 アイコム株式会社製
 54Mbps無線部
 国際規格： IEEE 802.11a準拠
 国内規格： ARIB STD -T 71
 通信方式： 単信方式
 電波方式： 直交周波数分割多重方式(OFDM)
 変調方式： OFDM-BPSK、QPSK、16QAM、64QAM
 使用周波数範囲： 5150 ~ 5250MHz (5.2GHz帯)
 チャンネル数： 全4ch(34ch/38ch/42ch/46ch)
 通信速度： 自動、54/48/36/24/18/12/9/6Mbps
 最大伝送距離： 屋内約55m (見通し)
 セキュリティー： OCB AES : 128bit
 WEP(RC4)： 64bit/128bit/152bit
 グループ通信： Service Set-Identifier(SSID)

アンテナ : ダイバーシティー方式
送信出力 : 10mW/MHz以下
受信感度 : -65dBm以下 (フレームエラーレート=10%)
復調方式 : OFDM復調

一般仕様

インターフェイス : CardBus Type
入力電圧 : DC3.3V ± 5%
消費電流 : 400mA(Typ)
使用温度範囲 : 0 ~ +55
保存温度範囲 : -20 ~ +65 (結露しないこと)
重量 : 約50g(付属品を除く)
対応機種 : PC/AT互換機(DOS/V)
外形寸法 : 121(W) × 11.4(H) × 54(D)mm(突起物を除く)
対応OS : Windows XP、Windows 2000、Windows Millennium Edition、Windows 98
 Second Edition

2.3.5. AP 側 PC

製品 : IBM Thinkpad T30 236685J
CPU : モバイル インテル Pentium 4 プロセッサ 1.80GHz-M
OS : Windows XP Professional
RAM : 256MByte

2.3.6. クライアント PC

製品 : IBM Thinkpad X21 226265J
CPU : モバイル インテル Pentium 3 プロセッサ 0.80GHz
OS : Windows 2000 Professional
RAM : 384MByte

3.結果

3.1.電波暗室での実験結果

電波暗室ではアッテネータにより見かけ上の距離を延長した。距離は距離は挿入したアッテネータの値から算出した。

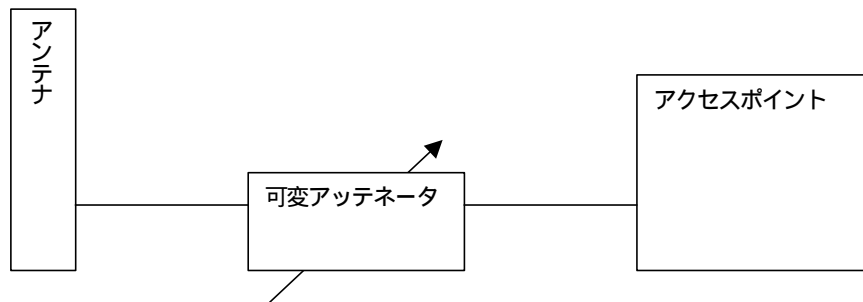


図 3 アッテネータの挿入

距離の算出は以下の式によった。

$$L = D \times 10^{(ATT / 20)}$$

L: 換算後の距離

D: 実際に測定した距離

ATT: 挿入したアッテネータ

以下に結果を示す。

表 2 電波暗室 IEEE802.11a Rate=free

ATT	距離(m)	換算距離(m)	最高値(Mbps)	中間値(Mbps)	最低値(Mbps)	平均(Mbps)
15dB	5	28	22.12	21.97	21.86	21.98
	6	34	14.55	13.99	13.42	13.99
	7	39	15.48	14.24	12.38	14.03
	9	51	11.86	9.77	8.83	10.15
	11	62	8.38	7.07	4.81	6.75
	13	73	6.74	6.13	5.60	6.16
	15	84	12.38	11.85	11.09	11.77
	17	96	10.17	9.99	9.85	10.00
	19	107	5.23	3.71	2.88	3.94
	21	118	6.03	5.82	5.54	5.80
23	129	3.66	3.40	2.99	3.35	
18dB	23	183	8.28	7.05	6.18	7.17
19dB	23	205	4.42	4.26	3.66	4.11

表 3 電波暗室 IEEE802.11g Rate=free

ATT	距離(m)	換算距離(m)	最高値(Mbps)	中間値(Mbps)	最低値(Mbps)	平均(Mbps)
15dB	2	11	18.75	18.67	17.66	18.36
	5	28	14.70	14.46	14.38	14.51
	7	39	9.07	7.56	7.56	8.07
	9	51	9.62	6.39	5.25	7.09
	11	62	7.97	7.97	7.65	7.86
	13	73	5.67	5.54	4.63	5.28
	15	84	8.13	8.02	7.79	7.98
	17	96	9.26	7.77	5.03	7.35
	19	107	9.28	7.90	7.39	8.19
	21	118	6.55	6.28	5.66	6.17
	23	129	6.57	5.75	5.26	5.86
18dB	23	183	2.62	2.51	2.50	2.54
21dB	23	258	1.39	1.39	1.34	1.37

表 4 電波暗室 IEEE802.11g Rate=54Mbps Fix

ATT	距離(m)	換算距離(m)	最高値(Mbps)	中間値(Mbps)	最低値(Mbps)	平均(Mbps)
15dB	2	11	20.40	18.64	18.54	19.19
	3	17	18.26	15.84	6.08	13.40
	4	22	15.49	8.02	7.30	10.27
	5	28	14.24	11.54	10.84	12.21
	5.5	31	10.11	9.19	8.75	9.35

表 5 電波暗室 IEEE802.11b Rate=free

ATT	距離(m)	換算距離(m)	最高値(Mbps)	中間値(Mbps)	最低値(Mbps)	平均(Mbps)
15dB	10	56	6.03	5.97	5.91	5.97
	15	84	6.05	5.80	5.77	5.87
	20	112	5.19	5.03	4.99	5.07
	23	129	5.07	4.97	4.86	4.96
18dB	23	183	2.63	2.57	2.54	2.58
21dB	23	258	1.26	1.24	1.16	1.22

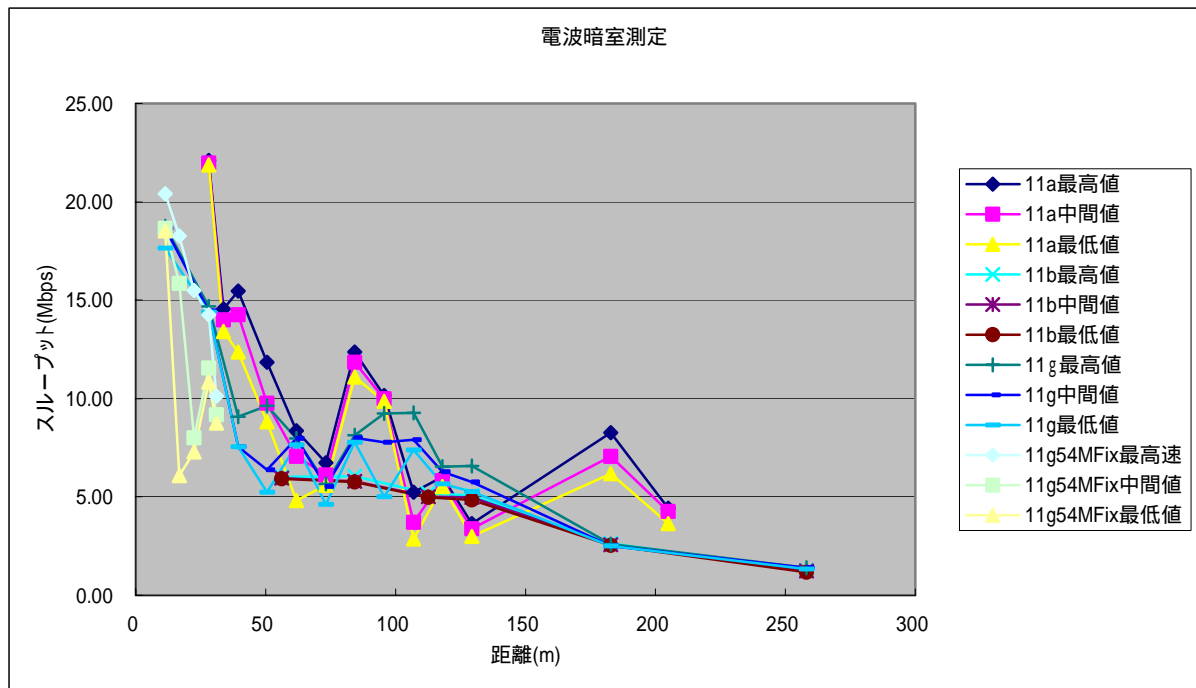


図 4 電波暗室 測定値

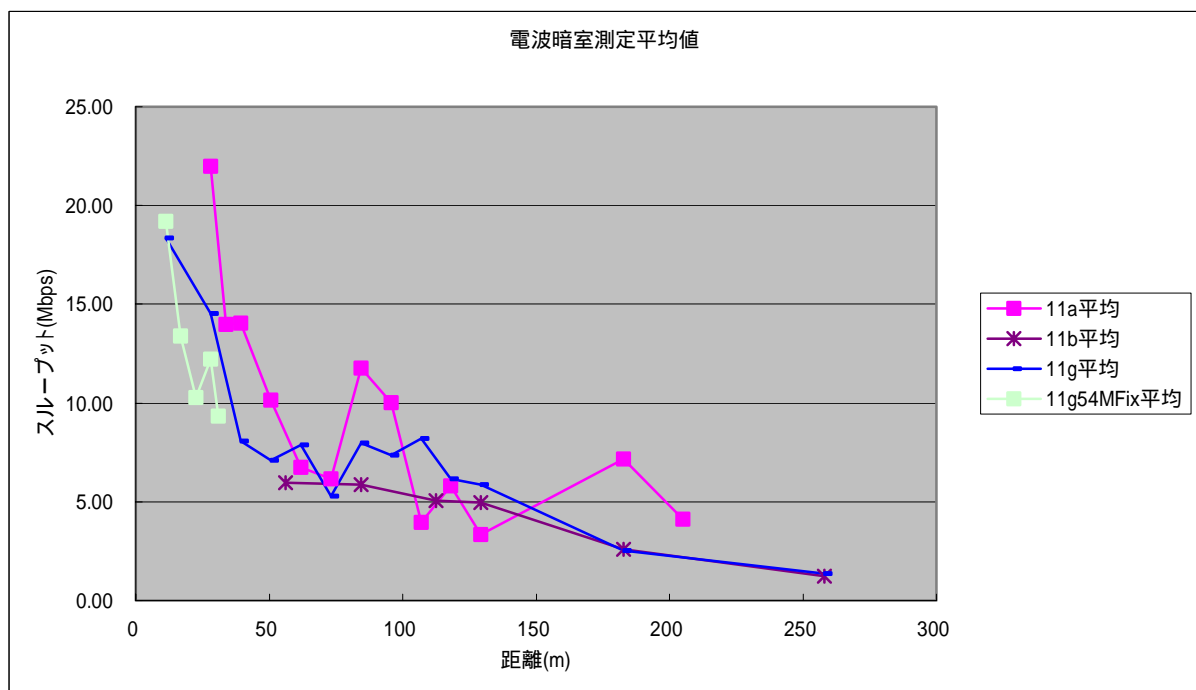


図 5 電波暗室 平均値

3.2. 戸建住宅での実験結果

戸建住宅に於ける実験結果を以下に示す。

表 6 戸建住宅 802.11a 基地局：リビング

番号	端末設置場所	1 回目	2 回目	3 回目	
1	キッチン	2763.37	2740.72	2695.18	ping が不安定
2	浴室	2256.75	2288.27	2384.86	
3	和室	2580.16	2588.31	2576.10	
4	洋室 2 (狭い方)	2605.18	2552.02	2560.00	
5	洋室 1 (広い方)	2754.54	2744.85	2740.72	
6	2 階廊下	695.89	683.69	587.87	
7	洋室 3 (商談室)	2073.66	1770.67	1908.89	
8	ガレージ				
9	屋根裏部屋	1459.47	1780.29	1764.95	

表 7 戸建住宅 802.11b 基地局：リビング

番号	端末設置場所	1 回目	2 回目	3 回目	
1	キッチン	788.45	797.27	801.17	ドア閉め ドア開け
2	浴室	800.04	799.61	799.22	
3	和室	799.61	798.05	800.39	
4	洋室 2 (狭い方)	720.08	746.05	767.72	
5	洋室 1 (広い方)	797.70	797.31	798.48	
6	2 階廊下	666.67	710.09	726.82	
7	洋室 3 (商談室)	748.44	728.40	767.72	
8-1	ガレージ 1	92.73	113.17	43.21	
8-2	ガレージ 2	215.27	257.28	261.85	
9	屋根裏部屋	704.60	723.58	749.09	

表 8 戸建住宅 802.11g 基地局：リビング

番号	端末設置場所	1 回目	2 回目	3 回目	
1	キッチン	2605.18	2664.50	2588.72	リビングに人が居た 車ドア開け時
2	浴室	2135.84	2205.11	2111.07	
3	和室	2216.75	2409.41	2354.02	
4	洋室 2 (狭い方)	2278.40	2166.91	2032.25	
5	洋室 1 (広い方)	2497.94	2560.40	2638.75	
6	2 階廊下	1846.50	1672.86	1884.73	
7	洋室 3 (商談室)	1017.45	1369.10	1130.71	
8	ガレージ	373.10	436.74	423.29	
9	屋根裏部屋	1487.29	1552.10	1222.78	

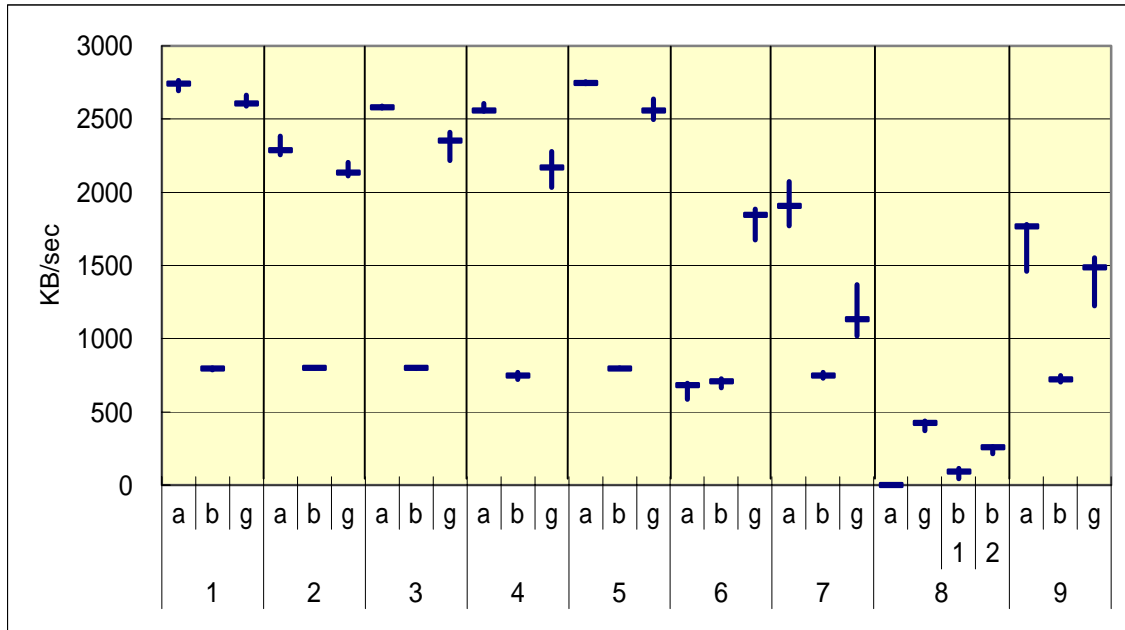


図 6 戸建住宅基地局：リビング

表 9 戸建住宅 802.11a 基地局：情報配電盤（2階物入内）

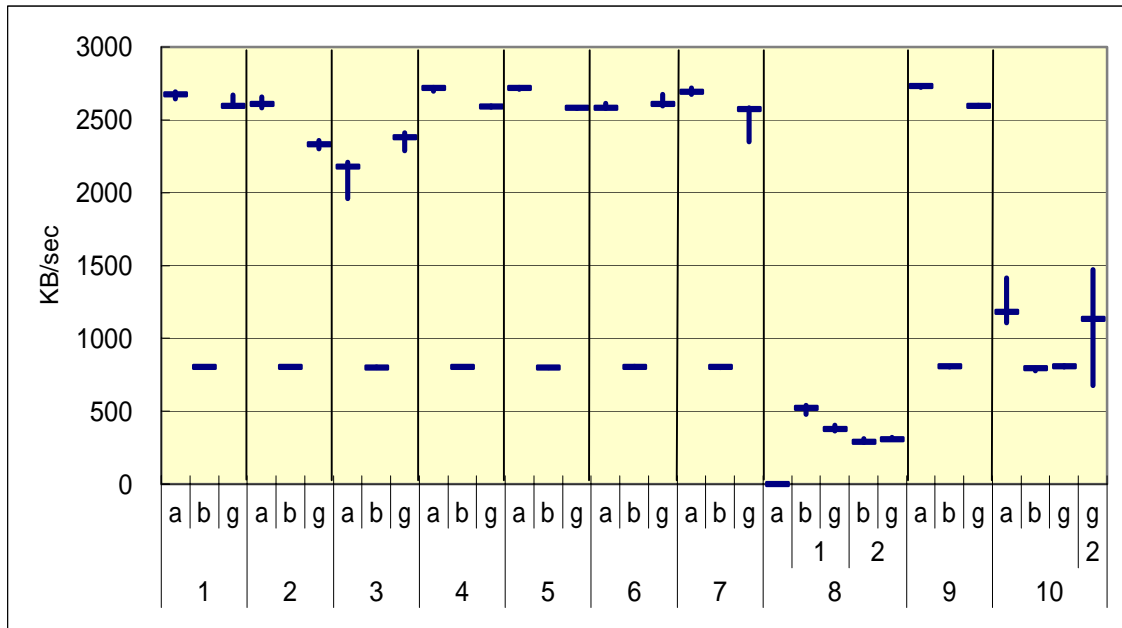
番号	端末設置場所	1回目	2回目	3回目	
1	キッチン	2690.75	2673.63	2643.01	ping が通らない
2	浴室	2609.33	2655.86	2580.56	
3	和室	1959.34	2178.43	2207.79	
4	洋室 2 (狭い方)	2722.50	2695.18	2717.98	
5	洋室 1 (広い方)	2717.98	2722.05	2708.99	
6	2階廊下	2613.49	2584.23	2576.51	
7	洋室 3 (商談室)	2673.63	2717.98	2691.20	
8	ガレージ				
9	屋根裏部屋	2722.05	2731.12	2731.12	
10	リビング	1415.22	1106.20	1181.25	

表 10 戸建住宅 802.11b 基地局：情報配電盤（2階物入内）

番号	端末設置場所	1回目	2回目	3回目	
1	キッチン	803.57	802.35	802.00	
2	浴室	804.75	802.00	804.36	
3	和室	802.35	801.57	800.82	
4	洋室2（狭い方）	805.51	803.96	805.15	
5	洋室1（広い方）	800.00	798.09	800.78	
6	2階廊下	809.93	803.14	804.75	
7	洋室3（商談室）	800.82	802.00	802.00	
8-1	ガレージ1	524.54	540.85	477.40	ドア開け
8-2	ガレージ2	288.75	284.33	310.56	ドア閉め
9	屋根裏部屋	806.74	807.93	805.55	
10	リビング	777.22	793.80	793.84	

表 11 戸建住宅 802.11g 基地局：情報配電盤（2階物入内）

番号	端末設置場所	1回目	2回目	3回目	
1	キッチン	2668.84	2596.93	2592.82	
2	浴室	2301.12	2360.81	2333.90	
3	和室	2412.96	2381.40	2287.95	
4	洋室2（狭い方）	2592.82	2596.93	2588.72	
5	洋室1（広い方）	2584.63	2576.51	2580.56	
6	2階廊下	2673.19	2609.33	2596.93	
7	洋室3（商談室）	2350.65	2572.46	2580.56	
8-1	ガレージ1	365.76	376.70	404.86	ドア開け
8-2	ガレージ2	305.46	308.46	321.36	ドア閉め
9	屋根裏部屋	2596.93	2600.63	2596.93	
10	リビング	811.53	802.78	807.93	client の表示は 11M となっていた
10-2	リビング2	1133.76	674.93	1469.94	



戸建図 7 住宅基地局：情報配電盤（2階物入内）

3.3. 集合住宅での実験結果

集合住宅に於ける実験結果を以下に示す。

表 12 集合住宅 802.11a 基地局：洋間 26 畳

番号	端末設置場所	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	備考	
1	洋間 26 帖ソファ	2745.31	2735.68	2749.45			
2	キッチン	2744.85	2740.26	2744.85			
3	バスルーム	595.13	546.26	652.33			
4	洋間 4.5 帖	842.02	876.29	1032.19	947.33		
5	玄関中	2560.40	2592.82	2643.01			
6	玄関外	ping 不通					
7	洋間 26 帖 PC 台	欠番					
8-1	ベランダ (ブラインドなし)	2357.41	2638.75	2609.33			
8-2	ベランダ (ブラインドあり)	2713.03	2708.99	2690.75			

表 13 集合住宅 802.11b 基地局：洋間 26 畳

番号	端末設置場所	1 回目	2 回目	3 回目		備考
1	洋間 26 帖ソファ	802.39	801.96	805.55		
2	キッチン	789.25	786.56	787.31		
3	バスルーム	637.34	519.20	657.57		
4	洋間 4.5 帖	704.90	712.87	716.96		
5	玄関中	788.45	789.59	791.50		
6	玄関外	130.52	143.54	130.69		
7	洋間 26 帖 PC 台	欠番				
8-1	ベランダ (ブラインドなし)	801.57	803.53	803.57		
8-2	ベランダ (ブラインドあり)	737.62	751.18	770.61		

表 14 集合住宅 802.11g 基地局：洋間 26 畳

番号	端末設置場所	1 回目	2 回目	3 回目		備考
1	洋間 26 帖ソファ	2564.41	2576.51	2584.63		
2	キッチン	2288.27	2314.12	2294.68		
3	バスルーム	1202.94	1202.14	1106.88		
4	洋間 4.5 帖	999.39	625.63	733.98		
5	玄関中	1449.14	1488.64	1549.31		
6	玄関外	328.72	277.67	255.63		
7	洋間 26 帖 PC 台	欠番				
8-1	ベランダ (ブラインドなし)	2482.42	2027.22	2262.98		
8-2	ベランダ (ブラインドあり)	1819.84	1766.66	2175.54		

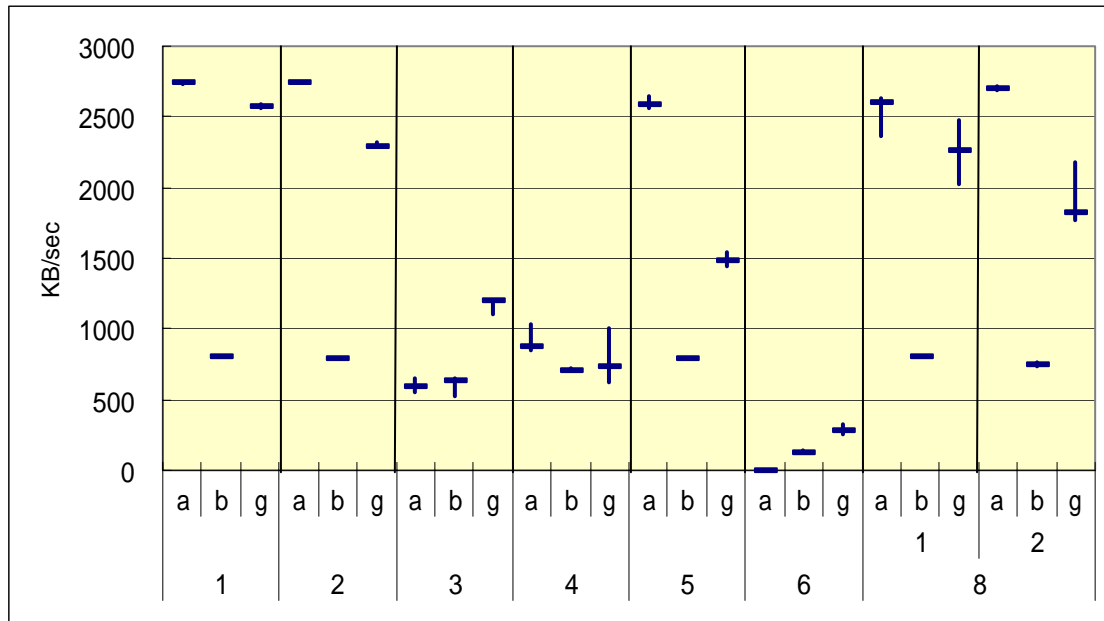


図 8 集合住宅基地局：洋間 26 畳

表 15 集合住宅 802.11a 基地局：洋間 4.5 畳

番号	端末設置場所	1 回目	2 回目	3 回目	備考
1	洋間 26 帖ソファ	716.96	1404.30	1382.97	
2	キッチン	743.00	979.67	1153.80	
3	バスルーム	2664.50	2651.56	2580.16	
4	洋間 4.5 帖	欠番			
5	玄関中	2713.03	2744.85	2735.68	
6	玄関外	2668.84	2576.51	2673.19	
7	洋間 26 帖 PC 台	ping が不安定 . パケットサイズが大きいとダメ .			
8-1	ベランダ (ブラインドなし)	ping 不通			

表 16 集合住宅 802.11b 基地局：洋間 4.5 畳

番号	端末設置場所	1 回目	2 回目	3 回目		備考
1	洋間 26 帖ソファ	627.81	685.70	677.44		
2	キッチン	701.85	736.29	760.95		
3	バスルーム	799.26	802.39	799.26		
4	洋間 4.5 帖	欠番				
5	玄関中	800.04	795.73	799.26		
6	玄関外	803.96	802.39	802.78		
7	洋間 26 帖 PC 台	720.71	733.33	732.02		
8-1	ベランダ (ブラインドなし)	305.46	263.20	158.41		
8-2	ベランダ (ブラインドあり)	225.51	278.71	285.57		

表 17 集合住宅 802.11g 基地局：洋間 4.5 畳

番号	端末設置場所	1 回目	2 回目	3 回目		備考
1	洋間 26 帖ソファ	1652.61	1586.83	1446.58		
2	キッチン	926.38	1020.62	1044.03		
3	バスルーム	2580.56	2560.40	2580.56		
4	洋間 4.5 帖	欠番				
5	玄関中	2449.03	2568.43	2568.43		
6	玄関外	2058.03	2601.05	1505.05		
7	洋間 26 帖 PC 台	964.67	1203.91	1204.79		
8-1	ベランダ (ブラインドなし)	98.73				2 回目以降、測定不能
8-2	ベランダ (ブラインドあり)					

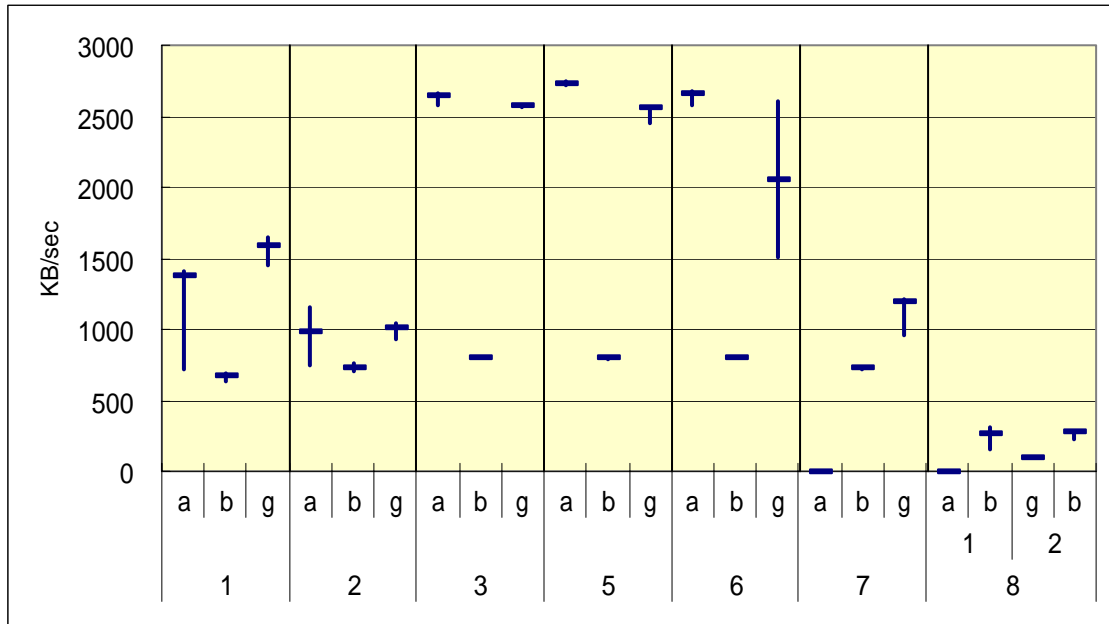


図 9 集合住宅基地局：洋間 4.5 畳

3.4. 古民家での実験結果

古民家に於ける実験結果を以下に示す。

表 18 古民家 802.11a 基地局：2 階中央

番号	端末設置場所	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目 (参考)	備考
1	にわ (玄関土間)	2347.28	2294.68	2584.63		建具閉
2	うーへや (納戸) 梯子下	536.93	673.55	625.89		建具閉
2	うーへや (納戸) 梯子下	1077.12	896.92	940.26		建具開
3	かみでい (仏間)	2726.58	2700.07	2731.12		建具閉
4	[欠番]	基地局				
5	おめえ (居間囲炉裏端)	2613.49	2660.17	2564.01		建具閉
8	うーへや (納戸) 戸棚側	1130.63	1311.98	745.03		建具閉

表 19 古民家 802.11b 基地局：2 階中央

番号	端末設置場所	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目 (参考)	備考
1	にわ(玄関土間)	760.6	780.56	781.27		建具閉
2	うーへや(納戸)梯子下	637.11	623.49	589.78		建具閉
3	かみでい(仏間)	785.8	783.92	776.86		建具閉
4	[欠番]	基地局				
5	おめえ(居間囲炉裏端)	789.97	790.35	786.18		建具閉
6	屋外(遠)	434.43	533.79	463.73		
7	屋外雪囲い沿い	675.21	733.98	721.7		
8	うーへや(納戸)戸棚側					
9	屋外(近)	235	436.51	438.5		

表 20 古民家 802.11g 基地局：2 階中央

番号	端末設置場所	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目 (参考)	備考
1	にわ(玄関土間)	2076.03	1973.5	1436.44		建具閉
1	にわ(玄関土間)	1790.01	1913.35	1933.9		建具閉
2	うーへや(納戸)梯子下	335.26	856.59	626.11		建具閉
2	うーへや(納戸)梯子下	接続できず	263.84	258.25	254.44	再測定 建具開放
3	かみでい(仏間)	618.78	1660.99	1619.93	1748	建具閉
4	[欠番]	基地局				
5	おめえ(居間囲炉裏端)	2580.16	2584.63	2601.05		建具閉
6	屋外(遠)	353.35	368.64			
7	屋外雪囲い沿い	499.41	336.15	201.29		
8	うーへや(納戸)戸棚側	-				接続不能
9	屋外(近)	145.3				

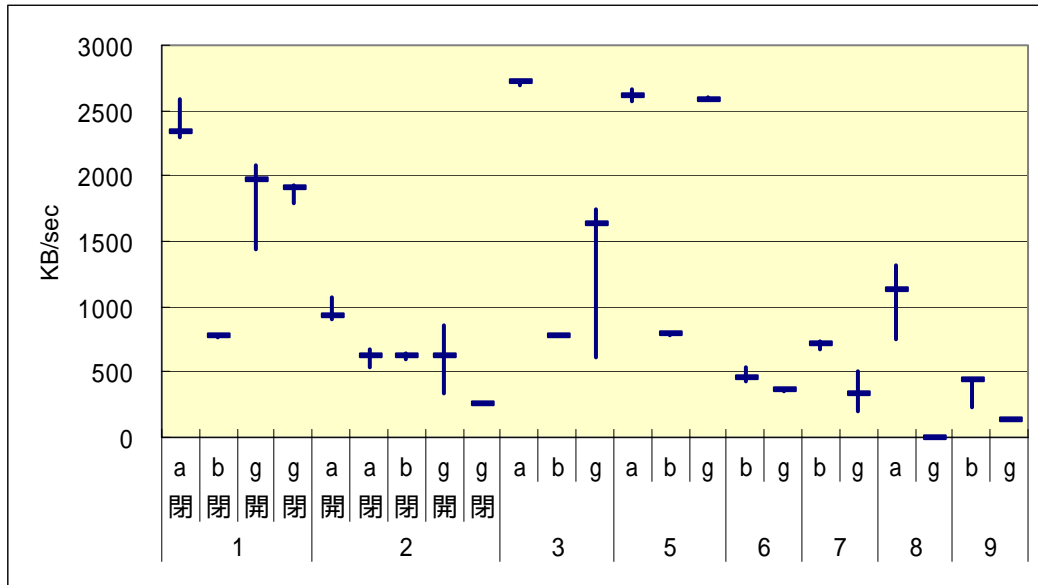


図 10 古民家

4. 考察

4.1. 電波暗室での実験

- 伝送距離が短い場合は、IEEE802.11a、11g の伝送速度が 11b より高速である。ある程度長いと速度差は縮まる。この結果より、実利用環境においても、基地局と端末の物理的な距離が短い場合、11b を 11a、11g に置き換えることでより高速な伝送性能が期待できる。
- 伝送速度の安定度に関して、11a 及び 11g は 11b より低い傾向にある。特に、測定時に伝送距離が短くしたにも拘わらず、伝送速度が落ちることがある。これは、変調レート切替境界における伝送速度の逆転現象と考えられる。実利用環境において、端末を固定して利用する場合には問題とならないが、移動しながらの利用では、伝送速度が不安定となる可能性があるので注意を要する。
- 今回の実験では 11a が 11g より全般に伝送速度が高いが、アクセスポイント及び無線 LAN カードの機種が異なる為、参考情報にとどめるべきである。

4.2. 戸建住宅、集合住宅での実験

- 屋外での測定ポイントを除き、伝送速度に関しては 11a 及び 11g が 11b より高いと言える。従って、一般的な間取り、床面積の戸建住宅及び集合住宅において無線 LAN を利用する場合、(1)11b を今現在利用しているユーザは、11a あるいは 11g への交換により、多くの場面で伝送速度の高速化が望める。(2)新規に無線 LAN を導入する場合、11a あるいは 11g の推奨する。

4.3. 古民家での実験

- 古民家での実験伝送速度のグラフから、11b が比較的安定して通信可能であるのに対して、11a、11g は通信できない場所もあった。伝統的な日本民家は、その構造物が電波を殆ど反射せず、吸収する様に思える。

5. 結言

考察で述べたように、伝送速度に関していうと、一般的な戸建住宅や集合住宅では、IEEE802.11a あるいは 11g のほうが、従来の 11b よりも多くの場合高速化できると考えられる。従って、通常は 11b を使用しているユーザは、安心して他の方式に変更して良いと思われる。ただし、少し離れた所、屋外などではどちらともいえない面があるので気をつける必要がある。

今回の実験で、日本の古民家を含め、さまざまな住宅環境で、各方式の実力を実地で検証できたことは大きな成果だったと自負している。

関係業界の製品及びアプリケーション開発、そしてユーザーの商品選択などに於て参考情報となれば真に幸いである。

謝辞

今回の実証実験において、実験場所を提供していただいた、日本アンテナ株式会社殿、パナホーム株式会社殿、有限会社テックトリオン殿、川崎市立日本民家園殿に感謝いたします。また、アクセスポイント測定ツールなどをご提供いただいた、ルート株式会社殿の皆様に謝意を表します。

MBA ハードウェア分科会は今後ともより良いモバイルブロードバンドサービスの実現に向けて活動を続けていく所存です。皆様の心からのご支援を引き続きお願い申し上げます。

モバイルブロードバンド協会ハードウェア分科会会員一覧

この実験プロジェクトは、協会の規則に従い、下記分科会会員の議決により実施を決定し、その負担によって推進しました。

正会員

アイコム株式会社	日本アンテナ株式会社
カシオ計算機株式会社	日本通信株式会社
京セラ株式会社	パイオニア株式会社
国際通信企画	株式会社 日立製作所
三洋電機株式会社	マスプロ電工株式会社
シャープ株式会社	松下電器産業株式会社
住友電設株式会社	株式会社 ユーズコミュニケーションズ
東光株式会社	ルート株式会社
日本電気システム建設株式会社	

賛助会員

株式会社 新社会システム総合研究所	日本サスティナブル・コミュニティ・センター
-------------------	-----------------------

個人会員

穴水弘光	後藤滋樹
岡部寿男	高津敏
太田昌孝	辰巳浩之
河口信夫	福原一郎
菅野伸一	

無線 LAN の実験
各種規格の使用環境での比較

この報告書はモバイルブロードバンド協会より無償で配布致します。
モバイルブロードバンド協会はこの報告書の著作権を保有します。

2004 年 3 月
モバイルブロードバンド協会
東京都文京区西片 1-17-8 KS ビル 2F
www.mbassoc.org

実験参加者（共同執筆者）一覧

若林 則章（分科会長・理事代行 / 松下電器産業株式会社）

相原 岳浩（カシオ計算機株式会社）

片山 典彦（日本アンテナ株式会社）

荒川 克憲（パイオニア株式会社）

後藤 滋樹（理事長 / 早稲田大学理工学部 教授）

池田 巧（松下電器産業株式会社）

塩田 岳彦（パイオニア株式会社）

今井 繁雄（日本アンテナ株式会社）

山田 敏央（ルート株式会社）

太田 昌孝（東京工業大学）

横山 博文（株式会社 ユーズコミュニケーションズ）

岡部 寿男（京都大学）

内村 雅生（モバイルブロードバンド協会）