電波吸収ボードの開発

鈴木宏和*　橋本　修**

インターネットが普及した現在、室内の通信手段として無線ＬＡＮが用いられるようになってきている。電波を使った通信では、室内の電波の多重反射の影響により通信速度が低下する。そこで、著者らは、多重反射防止に有効な通信規格（IEEE802.11a,b,g）の電波吸収ボードを開発、製品化した。

本報告書では、電波吸収ボードの吸収性能(20dB)や電波吸収ボード適用時の通信速度改善結果を報告する。

キーワード：無線ＬＡＮ、電波吸収体、転送速度

1．はじめに

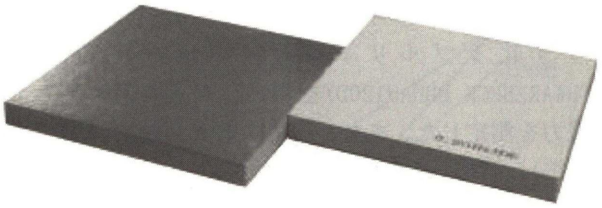
近年、オフィスや家庭でネットワーク環境を構築するに当たり従来のメタルケーブルを用いた通信接続手段に替わり、その利便性から無線による通信が急速に普及しつつある。最大転送レート54[Mbps]を有する無線ＬＡＮの通信規格には、IEEE802.11a（5.2GHz）、IEEE802.11g（2.45GHz）があり、本来高速な通信が可能であるが、室内の状況によってはマルチパス伝搬から発生する符号間の干渉により通信速度が悪化する。したがって通信速度を確保するために電波吸収体等を用いマルチパスを低減する必要がある。今までに一般の建物を対象とし、種々の電波吸収体が開発されているが、価格と性能を両立したものは少ないものと思われる。

そこで、著者らは価格面・性能面を両立させた電波吸収建材（Photo. 1）を開発し、実用化したのでここで紹介する。

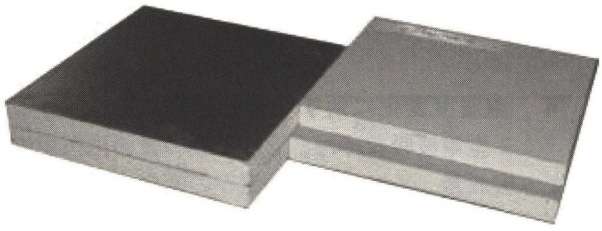
2　電波吸収体

著者らは電波吸収建材（以降EAボード）を開発するに当たり適用対象が一般建築物を前提としているので、Table.1に示す項目を設定値とし開発を進めた。今回の開発は普及を前提としているので、最優先課題に価格を設定し、これを低く抑えるために単純な構造の１／４λ型吸収体とした。

また、一般の建物に適用するための吸収体は、一般的な建築材料であること、さらには特殊な技術を有しない業者も施工できることが望ましいので、その形態はボー



IEEE802.11a(5.2GHz)対応



IEEE802.11g(2.45GHz)対応

Photo.1 EAボード外観

Table.1 開発目標設定値

項目	目標値
吸収性能	15dB以上(垂直入射時)
性能劣化	温湿度変化に伴い性能劣化しないこと 。
建材性能	不燃もしくは準不燃材料であること。
施工性	切断加工が容易であること。 ビス等で取り付けられること。 パテ等で表面に補修が可能なこと。 壁紙等が貼り付けられること。
価格	安価であること。(石膏ボード設計単価3倍以内)

Table.2 電波吸収体試作値

	IEEE802.11g対応	IEEE802.11a対応
石膏ボードの厚み d[mm]	19.0	9.5
抵抗皮膜面抵抗値 R[Ω□]	440±5	440±5

*　技術研究所　先端施設研究グループ
**　青山学院大学　理工学部

ドとし、従来のボード施工方法を踏襲可能であることを前提に開発した。

2．2　構成

Fig.1 に示すように、本電波吸収体は、防耐火性能を有する石膏ボード（2.40－j0.00）を無損失誘電スペーサとし、施工後の吸収体の壁紙等による建築最終仕上げを考慮し、紙基材に抵抗体を塗布した抵抗皮膜で構成される１／４λ型電波吸収体である。また、建築材料の厚みはJISで規格化されているために、スペーサの厚みはIEEE802.11a（以降 11a）対応ＥＡボードで 9.5 mm、IEEE802.11g（以降 11g）対応ＥＡボードで 19 mm（9.5 mm二重貼り）とした。

2．3　吸収量の測定結果

11a 及び 11g に対応した電波吸収体試作品の製作値を Table.2 に示す。吸収量測定は、計測器としてベクトルネットワークアナライザ（Agilent 8753ET）、送受信アンテナにダブルリッジガイドホーンアンテナ(SCHWARZBECK BBHA9120D)を用い、タイムドメインで反射電力を測定した。また、測定は垂直入射及びTE（電界モード）、TM（磁界モード）を 15, 30, 45 度斜入射について測定した。測定結果を Fig.2 F～Fig.4 に示す。

これにより、それぞれの電波吸収体とも無線ＬＡＮで使用される周波数帯において、垂直入射時に 20[dB]以上、またＴＥ－ＴＭ両偏波において 0～45 度の範囲で概ね 15[dB]以上の吸収量が得られることが確認出来た。

2．4　温湿度変化に対する吸収量の変動

１／４λ型電波吸収体は、抵抗皮膜の表面抵抗値の変化により吸収量、スペーサの誘電率の変化により整合周波数が変動する。オフィスや住宅等無線ＬＡＮが使用される室内環境は、20℃前後の室温が想定できるが、吸収体の室内側表面温度は室温にほぼ等しくなるが、裏面温度は、冬季においては室温より低く、夏季においては高くなる。

また、相対湿度に対しては、室内側表面では室内相対湿度に近いものとなるが、裏面では冬季に高く、夏季に低くなる。これらの理由により吸収体を熊谷組技術研究所内の恒温恒湿室（タバイ社製 TBR-6R）に設置し、乾球温度３水準（10、20、30℃）、相対湿度３水準（40、60、80%）をパラメータとし、表面抵抗計（三菱化学社製ロレスタＥＰ、本体：MCP-T360、プローブ：MCP-TP03P）を用い抵抗皮膜の面抵抗値の変化を、電子天秤を用いて重量変化（吸水量）の変化を、ベクトルネットワークアナライザを用いて電磁波吸収量の変動を確認した。

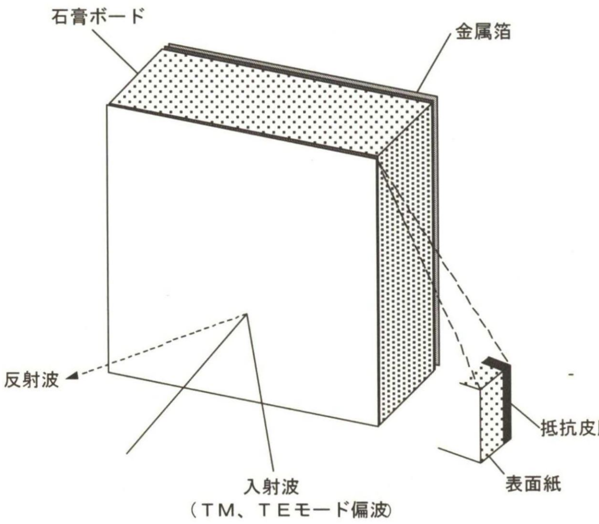


Fig.1　EA ボード構成

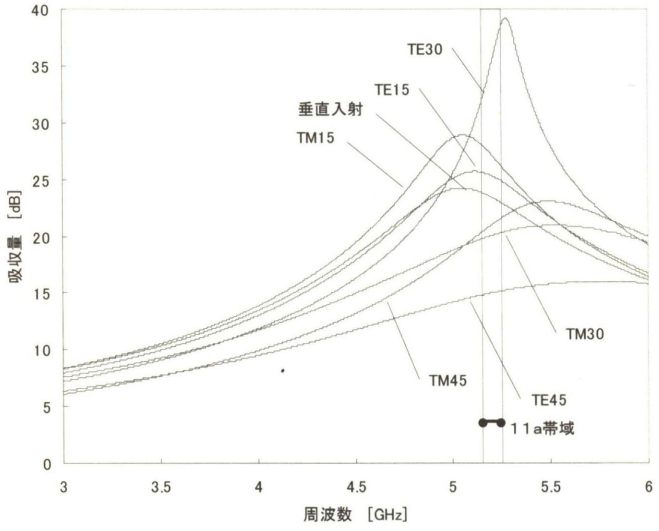


Fig.2　周波数特性（11 a）

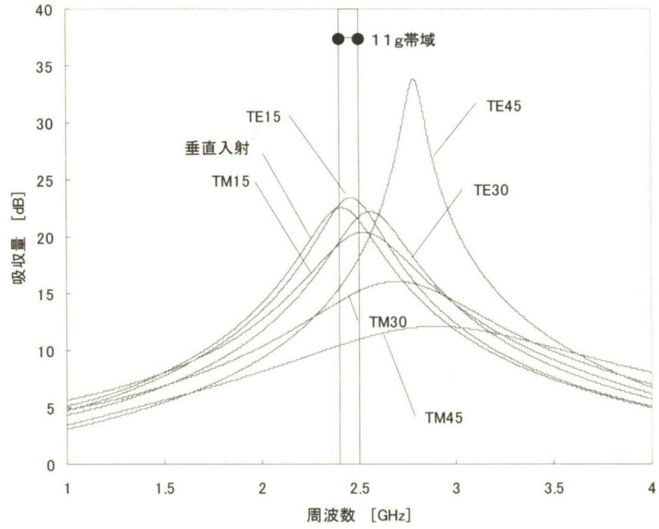


Fig.3　周波数特性（11 g）

（a）抵抗皮膜

抵抗皮膜の温湿度変化に対する表面抵抗値の変化は、大きさ60cm角の抵抗皮膜を前述した恒温恒湿室内で温湿度を実験パラメータとし、抵抗皮膜上9箇所を一箇所につき表面抵抗計で縦・横・斜め3方向、計27回の測定を行った。その平均値及び標準偏差をFig.4に示す。その結果、相対湿度40%時の面抵抗値を基準とした場合最大で変化率は3.5%となり湿度変化に対する面抵抗値の変動による吸収特性への影響の少ないことを確認した。

（b）スペーサの比誘電率

今回開発したＥＡボードはスペーサに石膏ボードを用いている。石膏ボードは、室内の湿度変化によって、含水率が絶対乾燥時と比較して最大で3%程度変化する。さらに、透湿性が低いため長時間に渡り同じ吸湿量が維持される状態となる。そのため、石膏ボードの含水率変化が誘電率を変化させる原因となるため、両者の相関を検証した。

まず、石膏ボードの含水率測定は、吸収体製作時と同一のアルミ箔付石膏ボードより10cm角に切り出し、電子天秤（最大秤量330g、分解能1／1000g）を使用し、21.4℃42%を基準状態とした重量変化率をFig.5に示す。この図に示すように、室温10℃相対湿度40%以外は、室温変化における大きな違いは見られず、含水率は相対湿度の上昇とともに上昇傾向にあることを確認した。また、アルミ箔無しの石膏ボードについても同傾向が確認出来た。

次に11a対応の電波吸収体を用いて環境設定条件において吸収量測定を行い、その時の整合周波数 f_0[GHz]から比誘電率（εr）を推定し、相対湿度と比誘電率との関係を検討した。Fig.6 は、その結果を示すもので、最大で比誘電率は４%程度の差異が生じることを確認した。

以上の結果より、ＥＡボードの電波吸収量は、温度・湿度の変化による抵抗皮膜及びスペーサへの影響を考慮しても理論的に最大で吸収量2～3dB程度であり、それほど吸収特性に影響を与えないことが確認できた。

3　無線ＬＡＮ伝送速度

3．1実験条件

Fig.8 に示す部屋で、ＥＡボードの無線ＬＡＮ伝送速度改善を把握するために４面の壁に吸収体を設置した場合の伝送速度を測定した。なお、基準となる伝送速度は、４面の壁に抵抗皮膜非配置の石膏ボード（裏面金属箔）とした。また、通常の居室の建築施工状態での測定となるように、ＥＡボードは、下地材へのビス止めを行い、ビス穴埋没部並びにボード継ぎ目部にパテ処理、抵抗皮膜表面にでん粉系糊を使用しビニールクロス貼り仕上げを行った。

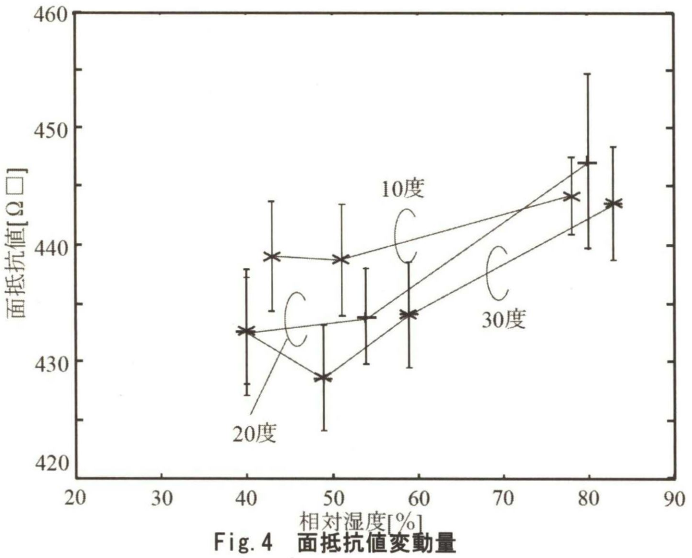


Fig.4　面抵抗値変動量

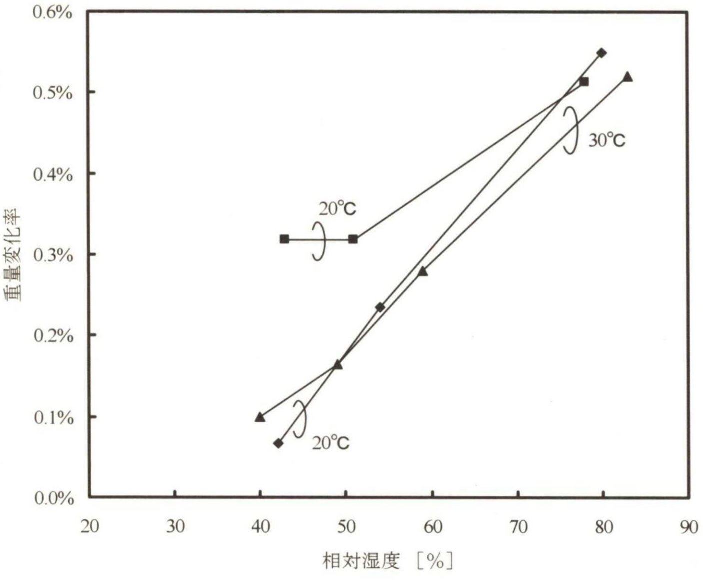


Fig.5 重量変化率

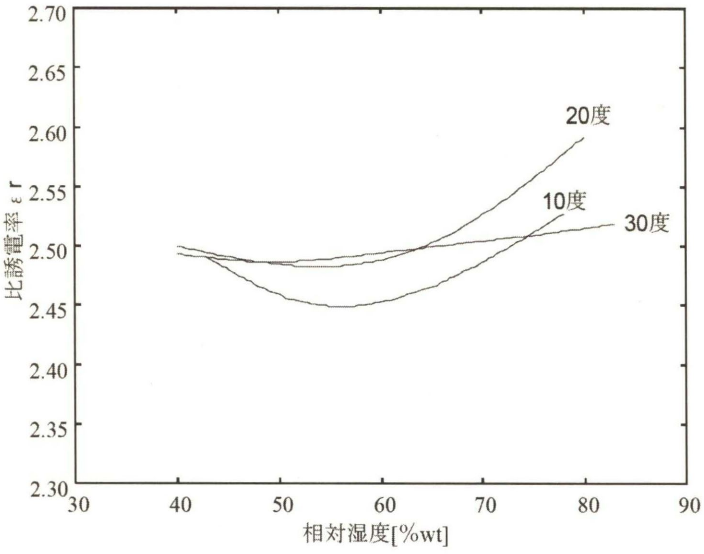


Fig.6 比誘電率変動量

Fig.9 に、各周波数対応のＥＡボードで４面の壁体を構成した時点での吸収量を、Fig.10 に隣接居室間のシールド性能を示す。その結果、実施工時においても入射角度0～45度において25～10dB程度の吸収性能が確認出来た。また、シールド量について35dB以上あることが確認出来た。

次に、この居室を用い11a、及び11gに準拠した準拠したアクセスポイント（天井中央に固定）と無線ＬＡＮカードを取り付けたクライアント側ノート型ＰＣとの間で、室内21箇所について上り下りの伝送速度を測定しＥＡボード配置時における効果について検証した。Table.3 に使用した各ＰＣ性能を示す。

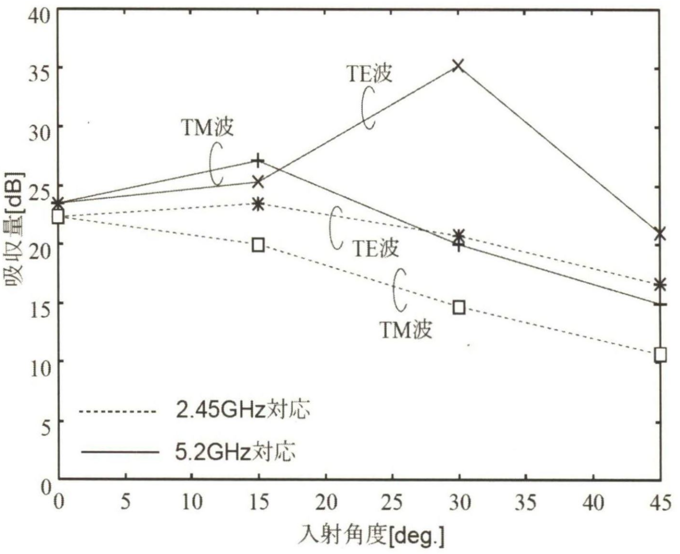


Fig.9　居室モデル吸収特性

３．２実験結果

各周波数帯11a及び11gにおいて金属壁を模擬した居室を基準とし電波吸収体を実施工した状態との伝送速度の差を Fig.10 及び Fig.11 に示す。また、各条件における通信速度をTable.4 、Table.5 に示す。

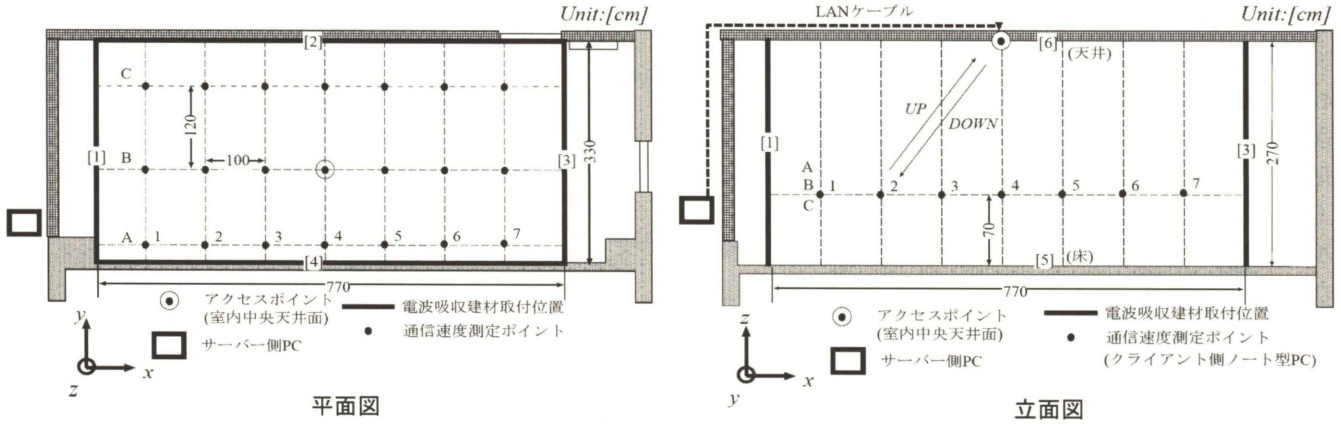


Fig.8 通信速度測定用居室概要

その結果、各図より吸収体配置前と比較して11a及び11gともマルチパスの影響が大きい壁面や隅付近からの２次反射を電波吸収体の配置により抑制していることが確認出来た。ただし、アクセスポイント付近では改善効果がほとんど見られなかった。この理由は、壁からの２次反射における伝送速度ロスが少ないため、配置前と比較して効果が大きく表れなかったものと考えられる。また、11aの場合はTable.4から配置前と比較してUP側は7.4%、Down側は10.8%程度改善し、Table.5 より11gの場合、Up側は116.7%、Down側は57%程度改善した。このように11aと11gで改善効果に差異が生じた理由としては、今回検討したモデルルームは縦7.7m×横3.3m×高さ2.7mと縦長のため、伝搬距離の長い11gの方が11aと比較してマルチパス効果の影響を受けやすく、吸収体配置時の効果が大きく表れたためと考えられる。

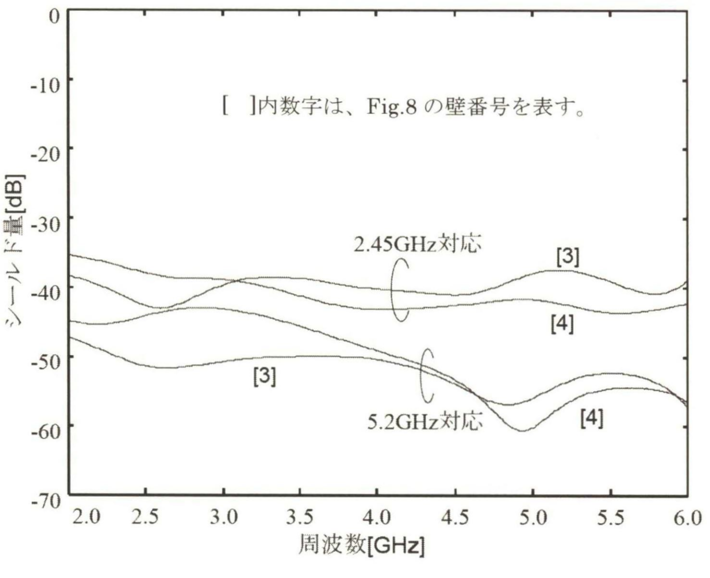


Fig.10 隣室間の電磁波遮蔽性能

4　まとめ

無線LANで用いられるIEEE802.11a(5,2GHz)及びIEEE802.11g(2.45GHz)対応の石膏ボード型電波吸収体の開発を行った。そして、施工後に予想される室内の温熱環境（特に相対湿度変化）変化による石膏ボードの誘電率や抵抗皮膜の面抵抗値が吸収体の性能に与える影響について検証した。

さらに、室内４面の壁に電波吸収体を施工し、無線ＬＡＮの通信速度の測定を行い、その改善効果についても検証した。

その結果、下記の（1）～（3）が得られた。

（1）　実験室レベル及び室内施工時両方において検討を行った各周波数対応の電波吸収体とも垂直入射時において20dB程度、また、斜入射時においてはＴＥ－ＴＭ両偏波に対して入射角0～45度において25～10dB程度の吸収量を確認した。

（2）　実施工時を想定し、相対湿度変化（40～80%RH）に対して、抵抗皮膜の面抵抗値及び石膏ボードの誘電率が与える吸収特性の変化は理論的に2～3dB程度で、ほとんど吸収量に影響がないことを実験的に確認した。

（3）　室内にＥＡボードを配置しない場合を基準として、壁面４面にＥＡボードを施工した場合、Up側においては11aでは7.4%、11gでは116.7%の伝送速度の改善を確認した。

した。また、Down側において11aでは10.8%、11gでは57%の伝送速度の改善を確認した。

今後、部屋の大きさが異なった場合の伝送レートの変化や各面ごとにおけるＥＡボードの効果を解析及び実験的に行っていく予定である。

謝辞

本開発に際し、青山学院大学橋本研究室　大塚健二郎氏、吉野石膏株式会社　多田勝見氏、王子タック株式会社　冨金原正裕氏、ならびに関係各位の甚大なる協力を得、ここに謝意を表します。

Table.3 通信速度測定用ＰＣ

	CPU	クロック	メモリ
サーバー側PC	PentiumM	1. 2GHz	384MB
クライアント側PC	PentiumM	1. 2GHz	256MB

Table.4　11a (5.2GHz 帯) 通信速度測定結果

設置条件	伝送経路	平均	最大	最小
基準状態	Up-Load	9.51	21.54	3.00
	Down-Load	11.76	20.53	3.27
吸収体施工後	Up-Load	20.61	21.45	19.04
	Down-Load	17.68	20.05	15.38

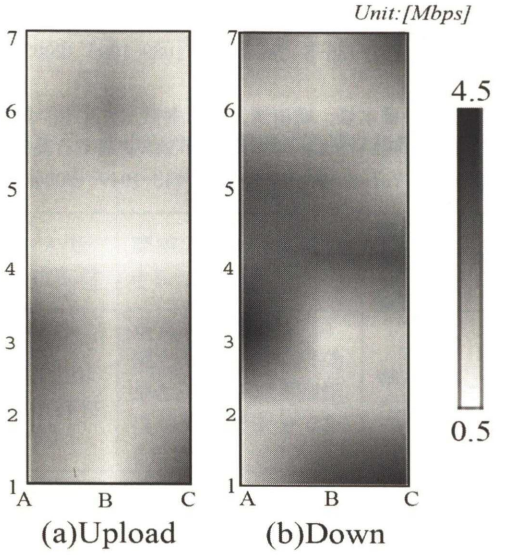


Fig.10　11a (5.2GHz 帯) 通信速度改善量

Table.5　11g (2.45GHz 帯) 通信速度測定結果

設置条件	伝送経路	平均	最大	最小
基準状態	Up-Load	21.37	22.05	19.80
	Down-Load	20.55	21.65	18.73
吸収体施工後	Up-Load	22.95	23.13	22.61
	Down-Load	22.77	22.97	22.58

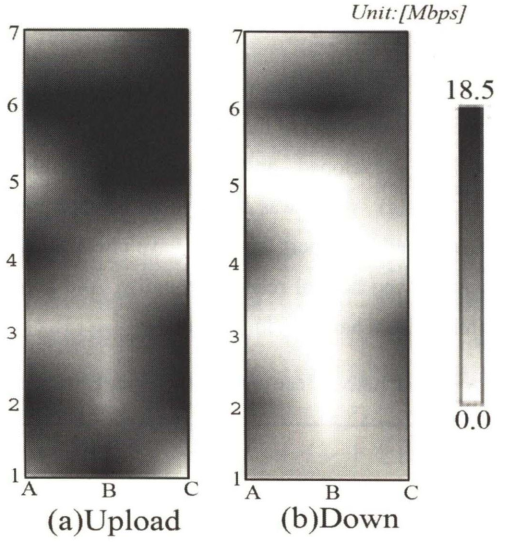


Fig.11　11g (2.45GHz) 通信速度改善量

参考文献

1) 艦宇、唐沢好男：マルチパス環境における直交周波数分割多元接続方式(OFDMA)のスループット特性に関する基礎的検討, 信学論 (B), Vol. J85-B, No. 11, pp. 1884-1894 (2002-11)

2) 遠藤哲夫、花澤理宏、橋本修：印刷シートを用いたλ／４型電波吸収石膏ボードに関する基礎検討, 信学論 (B), Vol. J86-B, No. 7, pp. 1249-1250 (2003-7)

3) 遠藤哲夫、花澤理宏、長谷川清光、戸上郁英、橋本修：C帯における石膏ボード型電波吸収体に関する検討, EMCJ 2002-33, pp. 19-24 (2002-7)

4) 橋本修、佐藤篤樹、花澤理宏、谷健祐、遠藤哲夫：C帯における自由空間透過法による複素比誘電率測定に関する研究, 信学論 (B), Vol. J86-B, No. 7, pp. 1089-1095 (2003-7)

5) 大塚健二郎、橋本修、織田満、守田幸信：マイクロ波帯における導電紙を用いたλ／４型電波吸収体に関する基礎的検討, 信学論 (B), Vol. 83-B, No. 7, pp. 1043-1049 (2000-7)

Development of the electromagnetic wave absorption board for wireless LAN

Hirokazu SUZUKI and Osamu HASIMOTO

Abstract

Wireless LAN is becoming the most popular method as a connection form when the Internet spread. The wireless LAN communication speed is lowered by the effect of the multiple reflection of electromagnetic wave by the indoor wall materials.

Then, authors developed and commercialized electromagnetic wave absorption board corresponding to wireless LAN code(IEEE802.11a,g) , which was effective for the multiple reflection prevention.

In this report, authors report that they have checked 20dB electromagnetic wave absorbency ability, and confirm no deterioration at room temperature and normal relative humidity. And absorption board installed in the four indoor surface of a wall, the transmission speed of wireless LAN has been improved.

Keywords: Wireless LAN, Electromagnetic wave, Electromagnetic wave absorption board

---