

ノート PC 用無線 LAN アンテナの配置

Wireless LAN Antenna Location in Notebook PCs

正木 俊幸

MASAKI Toshiyuki

手嶋 正雄

TESHIMA Masao

宮坂 敏樹

MIYASAKA Toshiki

近年、IEEE802.11a/b/g(米国電気電子技術者協会規格802.11a/b/g)などの無線LAN機能を搭載したノートパソコン(PC)が各社から製品化されている。

一般にノートPCにおいては、携帯性や落下時の破損防止の観点から、アンテナを本体に内蔵することが望ましい。しかしながら、アンテナの特性は実装位置や周囲に存在する部材によって大きく影響を受ける。また、ノートPCの設置条件によっても特性は変化する。

そこで東芝は、ノートPCの各部に無線LANアンテナを実装して特性を評価し、適正な配置について検討を行った。その結果、設置条件にかかわらず良好な特性を維持できるのは、液晶ディスプレイ(LCD)上部への実装であることが明らかになった。

In recent years, notebook PCs integrating wireless technologies such as IEEE802.11a/b/g have been commercialized by many companies. In general, it is desirable to mount the antenna inside the body of a notebook PC in terms of portability and prevention of breakage if the PC is dropped. However, antenna performance is sensitive to the environment such as the mounting location in the notebook PC, surrounding materials, and the place where the PC itself is set.

Toshiba has measured and analyzed antenna characteristics at various locations in notebook PCs, and conducted a study on the positioning of wireless LAN antennas in notebook PCs.

1 まえがき

1999年ころから無線LAN機能を内蔵したノートPCが製品化され、その後急速にオフィスや家庭へと普及していった。近年では、各社から無線LAN機能を内蔵したノートPCが多く製品化されている。

当初、内蔵された無線LANは、2.4GHz帯を使用した11Mbps対応のIEEE802.11b方式の無線通信機能だけであったが、その後インターネットの高速化や、PCでより高画質な映像データを取り扱いたいというニーズなどにより、5GHz帯を使用する54Mbps対応のIEEE802.11a方式の無線LANが製品化されるようになってきた。また現在は、2.4GHz帯を使用しIEEE802.11bよりも高速なIEEE802.11g方式の無線LANも製品化されている。

これらの無線方式には、変調方式の異なる複数のデータレートのモードがあり、一般に、受信された信号のエラー率を同じ値にするためには、データレートが大きいモードほど大きな入力レベルが必要となる。IEEE802.11a方式とIEEE802.11b方式のデータレートごとの受信最小入力レベルの値を表1に示す⁽¹⁾⁻⁽³⁾。

表1. データレートごとの受信最小入力レベル

Receiver minimum input level versus data rate

方式	データレート(Mbps)	最小入力レベル(dBm)
IEEE802.11b	2	-80
	11	-76
IEEE802.11a	6	-82
	9	-81
	12	-79
	18	-77
	24	-74
	36	-70
	48	-66
	54	-65

最小入力レベル：IEEE802.11bではフレームエラーレートが8%より小さく、IEEE802.11aではパケットエラーレートが10%より小さくなる値

2 アンテナに要求される性能

無線LAN機能を内蔵したノートPCにおいては、ノートPCの設置位置や向きにかかわらず、離れた場所にある通信相手と安定した通信を行えることが不可欠となる。そのためには、ノートPCに内蔵されたアンテナの性能が重要となる。

2.1 アンテナ実装時の注意点

一般に、アンテナをノートPCに実装する場合、アンテナの実装位置によっては、ノートPCの筐体(きょうたい)や導電性の部品などの影響を受け、アンテナの共振周波数が変化したり、あるいはアンテナの放射特性が変化したりすることがある。

したがって、アンテナの実装を行う場合には、事前に実際の製品に近い形の筐体構造を用いるなどして、それらの影響を考慮して設計を行うことが重要となる。特に最近のノートPCにおいては、小型化、薄型化のために、アンテナを実装するスペースの確保が難しくなっているため、そのような設計が重要である。

2.2 アンテナに要求される性能

ノートPCにアンテナを実装する場合に要求される性能として、次の点が重要である。

- (1) 平均アンテナ利得が高いこと
- (2) 電波が放射される方向に偏りがなく均一であること

アンテナの利得が高いほど、より遠くの相手と安定した通信ができる。電波が放射される方向が均一であれば、通信相手がどの方向にあっても、ノートPCの向きにかかわらず安定した通信ができるようになる。アンテナを開発する場合には、これらの条件を満足することが必要である。

また、実際の通信可能距離を決める要素として、アンテナ性能以外に、使用する無線LANモジュールの性能も重要な点である。具体的には、使用する周波数帯域におけるモジュールの送信電力レベル、送信変調精度、最小入力レベル感度などがあり、これらの値に優れる無線LANモジュールを選択することが重要である。

2.3 通信距離とアンテナ利得の関係

アンテナ利得が高いほど通信可能距離が大きくなることは前述したが、必要な通信距離に対してアンテナの利得がどの程度必要となるかを、あらかじめ知っておく必要がある。

必要とするアンテナ利得を求める方法として、自由空間伝搬損失 L (dB) を用いる方法がある。これは自由空間(周りに電波の進行を妨げるものがない空間)における電波の伝搬損失のことで、以下の式で求められる。

$$L = 10 \log_{10} \left(4 \frac{d}{\lambda} \right)^2 \quad (1)$$

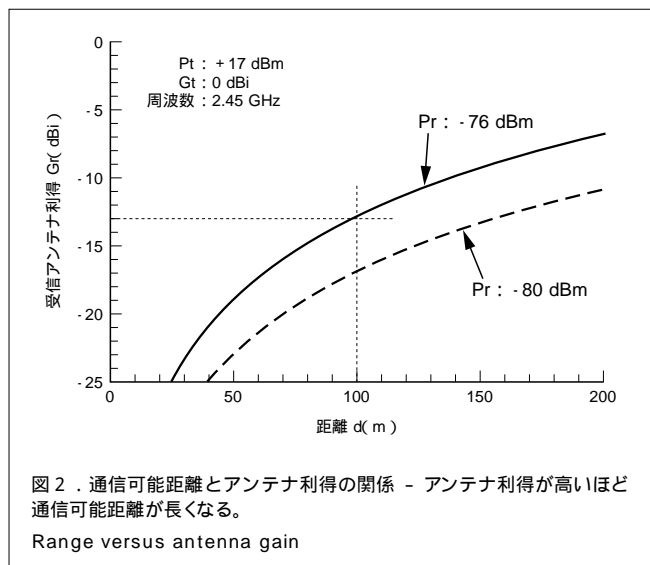
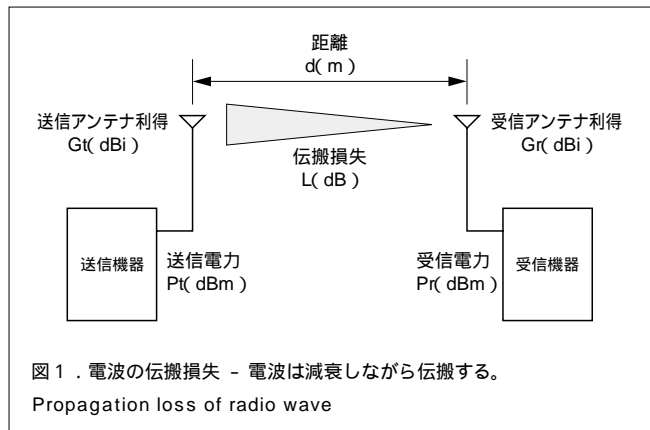
d : 距離 (m) λ : 波長 (m)

送信電力レベルを P_t (dBm) とすると、受信電力レベル P_r (dBm) は以下の式で求められる(図1)。

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L \quad (2)$$

G_t : 送信アンテナ利得 (dBi)
 G_r : 受信アンテナ利得 (dBi)

したがって式(2)において、 P_t に使用するモジュールの送



信電力レベル、 P_r に最小入力レベル感度、 L に伝搬損失の値を入力することにより、必要なアンテナ利得を求めることができる。

ただし、屋内や見通しのきかない条件においては、周囲の環境の影響を受けることを考慮しなければならないが、ここでは、一つの目標として見通し100 mでの設計を行った。

距離とアンテナ利得の関係を図2に示す。

図2では、送信電力 +17 dBm、送信アンテナ利得 0 dBi の送信機器から周波数 2.45 GHz の電波を放射した場合に、受信電力が -76 dBm、及び -80 dBm となる距離と受信アンテナ利得の関係を表している。例えば、距離 100 m において受信電力 -76 dBm を得るためには、受信アンテナの利得は少なくとも約 -13 dBi 必要となる。

3 ノートPCにおけるアンテナ実装位置

3.1 アンテナ実装位置の検討

ノートPCは、設置位置を移動して使用されるために、アンテナの放射特性は、電波が放射される方向に偏りがなく

均一な無指向性が望ましい。また、ノートPCは様々な無線通信機器と接続するために、水平偏波、垂直偏波のどちらの偏波においても特性が良好であることが重要である。

更に、本体落下によるアンテナ破損防止や安全上の観点、及びデザインの観点などから、アンテナの形状は、ノートPC本体から突出した形ではなく、筐体内に内蔵されることが望ましい。

しかしながら、筐体内に内蔵することにより、アンテナの放射特性は、アンテナの実装位置やノートPCの設置状態で大きく変化する。今回の測定では、アンテナから電波を放射しやすいように液晶パネルなどの導電部品を避けて実装し、アンテナ周囲は、非導電性の筐体部材で囲う構造とした。

図3に示すように、ノートPCのLCDの開き角度を110°に設定し、各部(A~H)にアンテナを実装して、放射特性や入力VSWR(Voltage Standing Wave Ratio)特性などの評価を行い、ノートPCに内蔵する場合のアンテナの実装位置について検討を行った。この検討に用いたアンテナは、図4に示すような2.4GHz帯の逆F型フィルムアンテナである⁽⁴⁾。

各部(A~H)に逆F型フィルムアンテナを実装した状態において、いずれもVSWRの値は2以下である。評価は、被測定アンテナに信号発生器を接続して放射させ、5mの距離にあるホーンアンテナで受信し、基準ダイポールアンテナとの受信レベルの比較からアンテナ利得を算出した。検討の結果は、表2に示すように、LCDパネル上部中央(A)にアンテナを実装した場合、X-Y平面内において、水平偏波と垂直偏波のどちらも平均利得が高い特性が得られている。

なお、表2にはアンテナ単体の場合について、角度を90°としたときの評価データを参考として示した。

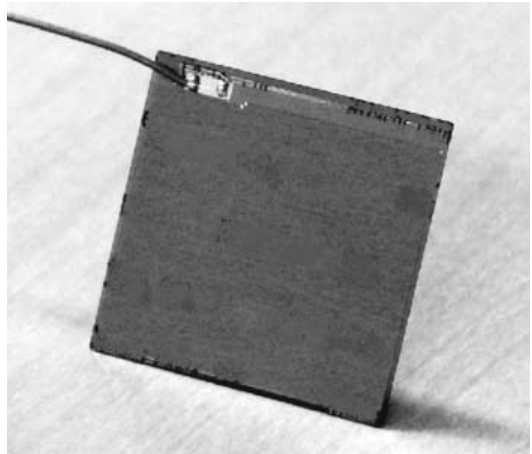


図4. フィルムアンテナ - 逆F型アンテナを銅板(30mm x 30mm x 0.2mm)で構成し、両面を絶縁フィルムではり合わせている。
Film antenna

表2. ノートPCの各実装位置におけるアンテナ平均利得特性
Average antenna gain for each antenna location in notebook PC

アンテナ実装位置	X-Y平面内平均利得(dBi)	
	水平偏波	垂直偏波
単体	-17.2	-4.8
A	-7.8	-7.4
B	-8.7	-8.7
C	-9.1	-11.1
D	-8.2	-12.7
E	-11.1	-7.2
F	-7.2	-11.7
G	-7.3	-12.4
H	-6.1	-12.9

各数値は、同軸ケーブルの損失分2dBを含む。

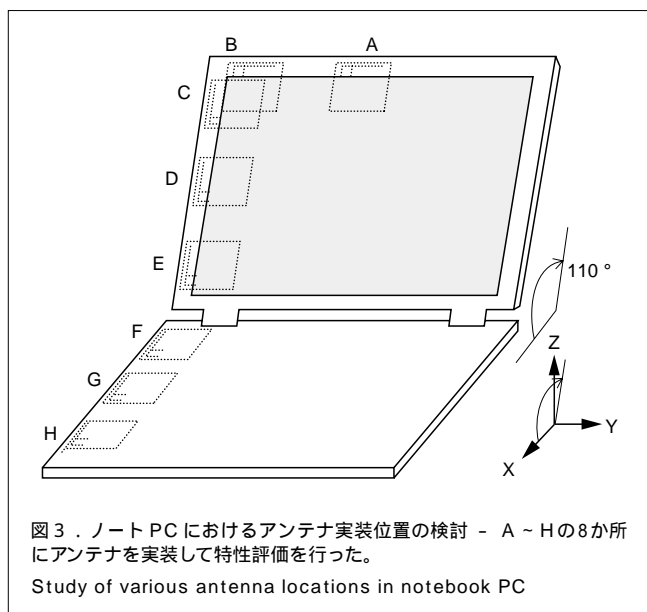


図3. ノートPCにおけるアンテナ実装位置の検討 - A~Hの8か所にアンテナを実装して特性評価を行った。
Study of various antenna locations in notebook PC

3.2 ノートPC設置位置の影響

次に、図3に示すアンテナの実装位置A、D、Gについて、ノートPCの設置条件を変えた場合のアンテナ放射特性の変化について検討を行った。その結果を表3に示す。ノートPCの設置条件は、空中(ダンボール箱上)に設置した場合、木製デスク上に設置した場合、スチール製デスク上に設置した場合の3種類である。

この結果から明らかなように、アンテナが本体側に配置された場合(G)では、ノートPCの設置条件の影響を受けやすく、特にスチールデスクの場合では水平偏波の特性劣化が大きい。それに対して、LCDパネル上端にアンテナを実装した場合(A)では、両偏波特性ともに劣化が少なく、いずれも必要とするアンテナ利得である-13dBi以上となり、どのような設置場所においても安定した特性が得られている。アンテナ単体の場合より、水平偏波成分の平均利得特性が良くなったのは、LCDパネルのシールドケース上端部に高周

表3 . ノートPC の各設置場所における平均利得

Average antenna gain for each place where notebook PC is set

アンテナ実装位置	設置状態	X-Y 平面内平均利得(dBi)	
		水平偏波	垂直偏波
LCD 上部中央(A)	空中	- 7.8	- 7.4
	木製デスク	- 9.1	- 8.5
	スチールデスク	- 9.6	- 10.4
LCD 側面(D)	空中	- 8.2	- 12.7
	木製デスク	- 14.2	- 12.1
	スチールデスク	- 11.4	- 13.3
本体左側面(G)	空中	- 7.3	- 12.4
	木製デスク	- 16.8	- 10.6
	スチールデスク	- 20.8	- 11.0

各数値は、同軸ケーブルの損失分2 dBを含む。

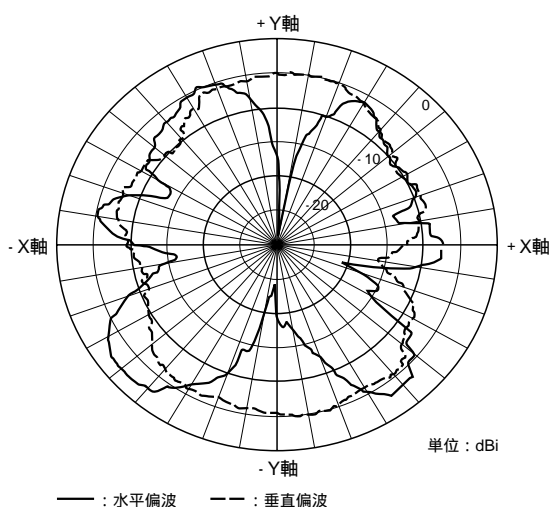


図5 . LCD 上部中央(A)におけるアンテナ放射特性 - ノートPCに相対して正面を+ X 軸方向とし、右側が+ Y 軸方向、左側が- Y 軸方向である。

Radiation pattern for antenna mounted on top of LCD display (location A)

波電流が重畳して放射したためと考えられる。

したがって、アンテナは設置面からより高い位置にあるLCDパネル上部に内蔵したほうが良いと言える。

LCDパネル上部中央(A)にアンテナを実装した場合のアンテナ放射特性を図5に示す。水平偏波、垂直偏波のどちらもアンテナ平均利得が高く、良好な特性が得られる。

ただし、LCD側にアンテナを実装し、本体内に無線モジュールを内蔵する場合には、無線モジュールとアンテナの間を高周波同軸ケーブルで接続する構造となる。高周波同軸ケーブルの損失は、ケーブルが長いほど大きくなるために、無線モジュールはできるだけアンテナに近い位置に実装して、ケーブルを短くすることが望ましい。

3.3 アンテナ実装方法

LCD上部にアンテナを実装する場合、ノートPCの小型化、薄型化を満足するために、十分なスペースを確保することが難しい。そのためアンテナの条件として、小型・薄型であることが求められる。例えば、高誘電率セラミック材料を用いて小型化を図ったチップアンテナや、FPC(Flexible Printed Circuit)基板上にアンテナ素子を構成したフィルムアンテナなどがある。

いずれのアンテナも、良好な特性を得るために、アンテナ素子以外に波長に対応した大きさのグランド面積が必要となる。また、放射特性の劣化を少なくするために、アンテナをLCDパネルのシールドカバーなどから離し、アンテナ周囲はプラスチックなどの非導電性の材料を使用する必要がある。

4 あとがき

今後の技術動向として、複数の無線通信方式に対応する無線システムの搭載や、UWB(Ultra-WideBand)などの次世代無線通信システムの搭載が挙げられる。これらの無線機器開発に向けて、マルチバンドアンテナや広帯域アンテナの開発が必要である。

ノートPCにおけるアンテナ実装位置の検討も含めて、これまで培ってきた技術を今後の無線機器アンテナの開発に生かしていきたい。

文 献

- (1) IEEE Std 802.11-1999, 15.4.8.1.
- (2) IEEE Std 802.11b-1999, 18.4.8.1.
- (3) IEEE Std 802.11a-1999, 17.3.10.1.
- (4) 中村憲政,ほか . Bluetooth™ ,IEEE802.11a/b 搭載パソコン . 東芝レビュー . 58 ,4 ,2003 ,p.11 - 14 .



正木 俊幸 MASAKI Toshiyuki

デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター
ワイヤレスシステム技術開発部主務。ワイヤレス機器の開発に従事。

Core Technology Center



手嶋 正雄 TESHIMA Masao

デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター
ワイヤレスシステム技術開発部主務。ワイヤレス機器の開発に従事。

Core Technology Center



宮坂 敏樹 MIYASAKA Toshiki

デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター
ワイヤレスシステム技術開発部長。ワイヤレス機器の開発に従事。映像情報メディア学会会員。

Core Technology Center