

# ノートPC向け セルラー・GPS・無線LAN共用アンテナ

Combined Antenna Covering Cellular, GPS, and Wireless LAN Systems for Notebook PCs

堀田 浩之      手嶋 正雄      溝口 聡

■ Hotta Hiroyuki      ■ Teshima Masao      ■ Mizoguchi Satoshi

近年、ノートPC（パソコン）の普及が進み、無線LANやBluetooth<sup>®</sup>(注1)を使用した無線通信が様々なシーンで利用されるようになった。これに伴い、いつでも、どこでも、快適に無線通信が利用できるノートPCの需要が急速に高まっている。しかし、多くの無線機能をノートPCに搭載するにあたり、アンテナ本数の増加が課題となっている。

この課題に対して東芝は、セルラー、GPS（全地球測位システム）、及び無線LANの周波数帯に対応した共用アンテナを開発し製品化した。この共用アンテナは、当社が開発した広帯域台形状モノポールアンテナをベースとして変形し多周波化したもので、無線LANで使用される周波数帯域だけでなく、セルラーやGPSで使用される1.5～2.2 GHzの複数の周波数帯域でも良好なインピーダンス特性を実現した。

With the wide dissemination of notebook PCs in recent years, wireless communication systems such as wireless LAN and Bluetooth<sup>®</sup> have come into widespread use for notebook PCs in various situations. There is growing demand for notebook PCs that can provide a comfortable wireless communication environment anywhere and anytime. However, as the number of wireless systems is increasing, it is becoming difficult to equip notebook PCs with numerous antennas in a limited space.

To solve this problem, Toshiba has developed a combined antenna that can cover the frequency bands of cellular, Global Positioning System (GPS), and wireless LAN systems and mounted it on notebook PC products. This antenna, based on a trapezoid monopole antenna with wideband characteristics that we have developed, has been modified to give it multiband capability. The combined antenna covers the frequency range from 1.5 GHz to 2.2 GHz, and its impedances maintain the proper characteristics for the respective systems.

## 1 まえがき

近年、ノートPCの普及が進み、IEEE 802.11a/b/g（電気電子技術者協会規格802.11a/b/g）に準拠した無線LANやBluetooth<sup>®</sup>を使用した無線通信が、様々なシーンで利用されるようになった。これに伴い、いつでも、どこでも、快適に無線通信が利用できる携帯端末への需要が急速に高まっている。

これらの需要に応えるため、ノートPCでは多くの無線通信機能が搭載されるようになってきている。セルラー網を使用するHSDPA（High Speed Downlink Packet Access）や、無線LANでは複数のアンテナで通信を行うMIMO（Multi-Input Multi-Output）技術を利用したIEEE 802.11n、無線MAN（Metropolitan Area Network）を実現するIEEE 802.16eをベースとするモバイルWiMAX（Worldwide Interoperability for Microwave Access）、GPS、Bluetooth<sup>®</sup>、UWB（Ultra Wide Band）技術を利用してUSB（Universal Serial Bus）機器を無線で接続するW-USB（Wireless USB）などがある。各無線システムで使用される周波数帯域を図1に示す。

通常、これらの無線システムを搭載するには、使用する周波

(注1) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.が所有する登録商標であり、東芝は、許可を受けて使用。

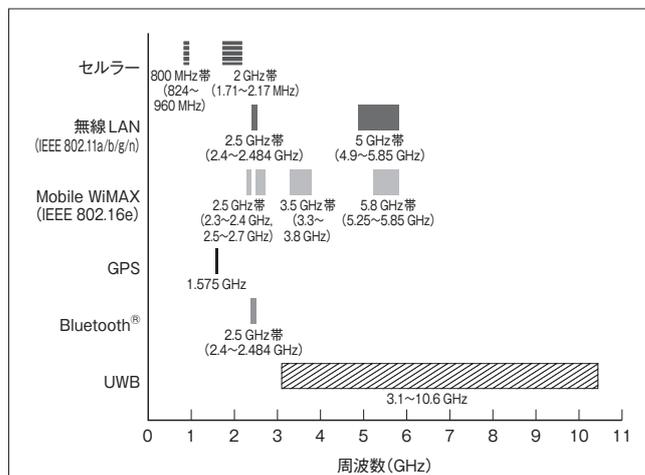


図1. ノートPCに搭載される無線システムと周波数帯域 — ノートPCには、無線LANやBluetooth<sup>®</sup>など多くの無線システムが搭載されており、使用する周波数帯域に対応したアンテナを搭載する必要がある。

Wireless systems mounted on notebook PCs

数帯域に対応したアンテナをそれぞれ搭載する必要がある。しかし、搭載される無線システムが増加するのに伴いアンテナ本数も増える一方で、アンテナの実装スペースの極小化が求められている。ノートPCではディスプレイの周囲にアンテナが

実装されることが多いが、デザイン的な観点からディスプレイ周囲は狭額縁で、薄いことが望まれる。そのため、内蔵される各アンテナの小形・薄型化が求められている。また、限られたアンテナ実装スペースで多くの無線システムに対応するために、少ないアンテナ本数で多くの無線システムに対応することも求められている。搭載するアンテナ本数を削減するためには、図1に示す複数の周波数帯域のいくつかを一つのアンテナでカバーすることで複数の無線システムに対応する、アンテナの共用化が有効である。

ここでは、アンテナの小形・薄型化、及びアンテナの共用化という課題に対し、東芝が開発した、広帯域台形状モノポールアンテナ<sup>(1), (2)</sup>を変形して多共振化することで、セルラー用の2 GHz帯と、GPS及び無線LAN (IEEE 802.11a/b/g/n)の周波数帯域をカバーした共用アンテナについて述べる。

## 2 広帯域アンテナ技術

### 2.1 広帯域台形状モノポールアンテナ

広帯域台形状モノポールアンテナの素子形状を図2に示す。このアンテナは、主にUWB向けアンテナとして開発されたものである。台形素子の長さ $W1$ と $W2$ によって共振周波数を、給電部に設けられたすき間(ギャップ)  $D$ によってインピー

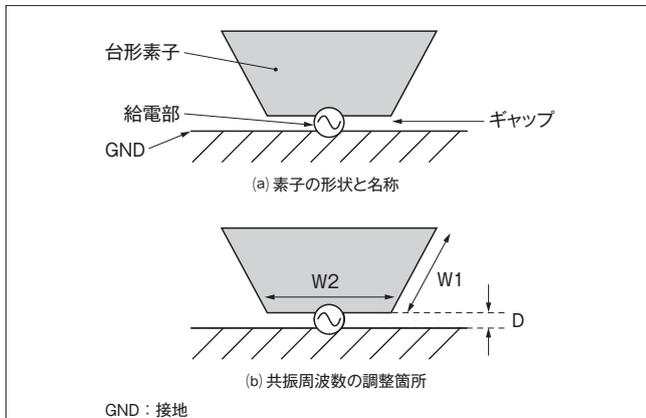


図2. 広帯域台形状モノポールアンテナ —  $W1$ と $W2$ の長さを調整することで共振周波数を、ギャップ $D$ を調整することでインピーダンスを調整できる。

Trapezoid monopole antenna with wideband characteristics

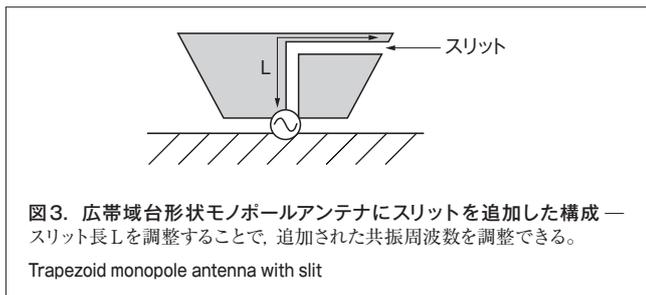


図3. 広帯域台形状モノポールアンテナにスリットを追加した構成 — スリット長 $L$ を調整することで、追加された共振周波数を調整できる。

Trapezoid monopole antenna with slit

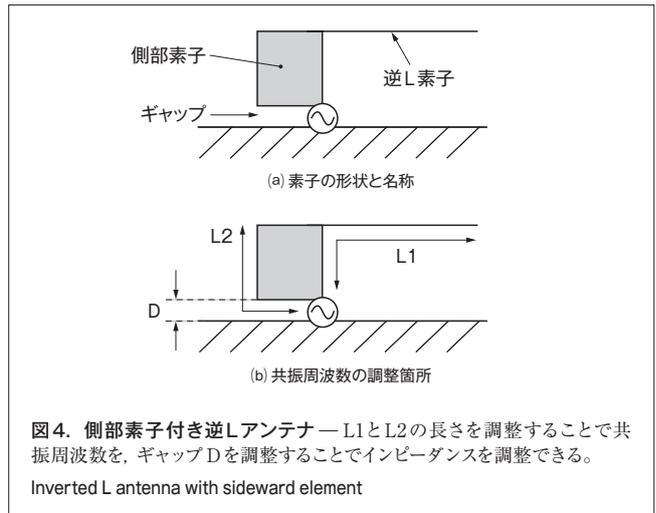


図4. 側部素子付き逆Lアンテナ —  $L1$ と $L2$ の長さを調整することで共振周波数を、ギャップ $D$ を調整することでインピーダンスを調整できる。

Inverted L antenna with sideward element

ダンスをそれぞれ調整でき、広帯域にわたって良好なインピーダンス特性を実現することができる。また、台形素子の一部に図3に示すスリット構造を設けることで、更に共振を追加することができる<sup>(3)</sup>。共振周波数はスリットの長さ $L$ で調整が可能であり、 $W1$ と $W2$ によって決まる共振周波数とはほぼ独立に調整できる。

### 2.2 側部素子付き逆Lアンテナ

側部素子付き逆Lアンテナの素子形状を図4に示す。このアンテナは、図3のアンテナにおいて、給電点に対して左右対称に作られた台形素子を半分にし(図4の側部素子)、スリット部分を線状素子(逆L素子)に置き換えたものである。

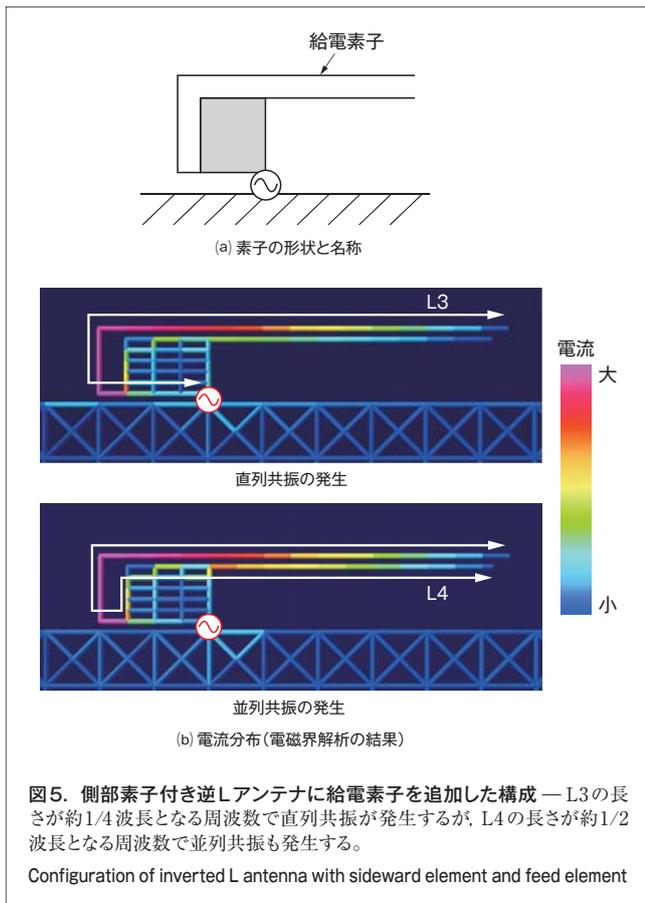
このように素子を変形することで、逆L素子の長さ $L1$ が約1/4波長となる周波数と、側部素子の外縁の長さ $L2$ が約1/4波長となる周波数でそれぞれ共振が発生する。また、広帯域台形状モノポールアンテナと同様に、側部素子とアンテナGND間のギャップ $D$ によって側部素子で発生する共振周波数付近のインピーダンス調整を行うことができ、広帯域にわたって良好なインピーダンス特性を実現することができる。

## 3 側部素子付き逆Lアンテナの多周波化

### 3.1 多周波化における課題

側部素子付き逆Lアンテナに、更に共振を追加したい場合、図5(a)に示すような給電素子を追加した構成が考えられる。

この構成では、側部素子付き逆Lアンテナによる共振に加え、図5(b)に示すように、給電点から給電素子の先端までの長さ $L3$ が約1/4波長となる周波数帯で直列共振が発生する。しかし、給電素子の先端から逆L素子の先端までの経路 $L4$ の長さが約1/2波長となる周波数帯で並列共振も発生する。 $L4$ は給電点及びアンテナGNDを経由しないため、並列共振の周波数帯では入力インピーダンスが著しく高くなり、不整合損失による放射効率の劣化が生じる。



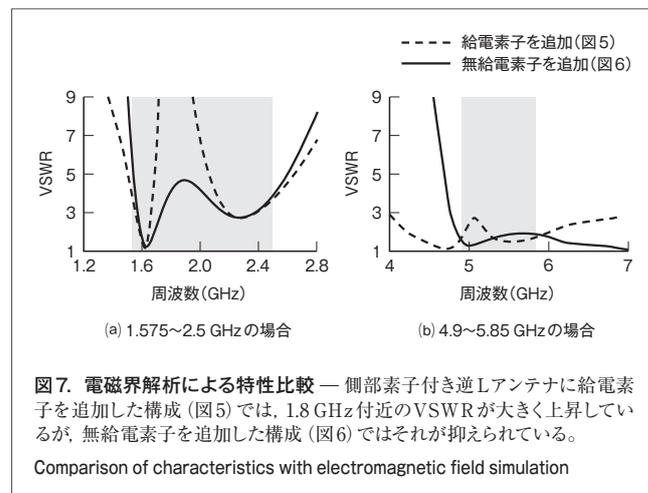
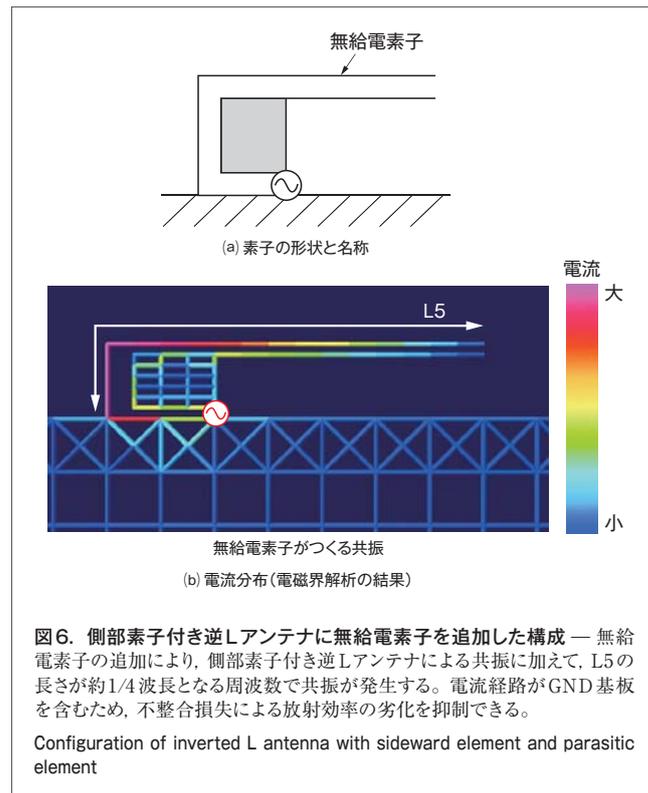
この並列共振は、給電素子による共振と逆L素子による共振の中間の周波数帯で発生する。離れた周波数帯を使用する二つの無線システムのアンテナを共用化する際は、並列共振周波数が各システムで使用する帯域を避けるように素子長を調整すればよい。しかし、近接した周波数帯を使用する無線システムのアンテナを共用化する場合には並列共振の影響が避けられないため、その周波数帯での放射効率の劣化が問題となる。

### 3.2 無給電素子追加による多周波化

前節で述べた並列共振の問題を解決するため、側部素子付き逆Lアンテナに、給電素子ではなく図6に示す無給電素子を追加した構成を開発した<sup>(4)</sup>。逆L素子と無給電素子が素子の先端で電界結合する構成であり、側部素子付き逆Lアンテナがつくる共振に加えて、無給電素子の長さL5が約1/4波長となる周波数で共振が発生する。図5の構成とは異なり、無給電素子による共振と逆L素子による共振の中間の周波数帯でも電流経路がGND基板を含むものとなる。そのため、給電素子を追加した場合に生じる、不整合損失増加による放射効率の劣化を抑制できる。

### 3.3 解析及び実測による評価

側部素子付き逆Lアンテナに、給電素子を追加した構成(図5)及び無給電素子を追加した構成(図6)の各アンテナについて、



解析により特性を比較した結果を図7に示す。これは、電磁界解析で一般的に使用されているモーメント法を用い、セルラー(2 GHz帯)、GPS (1.575 GHz), 及び無線LAN (2.5 GHz帯及び5 GHz帯)で使用される周波数帯域において、各アンテナの素子長を調整した場合のVSWR (Voltage Standing Wave Ratio)の周波数応答を求めたものである。

この結果から、図5の構成では1.8 GHz付近の帯域においてVSWRの値が大きく上昇しているのがわかる。これは並列共振によってアンテナの入力インピーダンスが高くなったためである。これに対して、図6の構成では、この劣化が抑えられて2 GHz付近の帯域を広くカバーしていることがわかる。かり

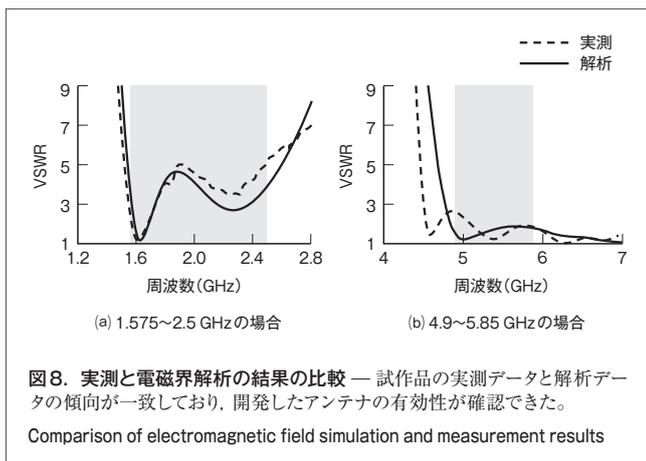


図8. 実測と電磁界解析の結果の比較 — 試作品の実測データと解析データの傾向が一致しており、開発したアンテナの有効性が確認できた。  
Comparison of electromagnetic field simulation and measurement results

に  $VSWR < 4$  を基準として考えた場合、ほぼ1.55~2.5 GHzの帯域(比帯域にして約50%の範囲)をカバーしている。

側部素子付き逆Lアンテナに無給電素子を追加したアンテナを試作し、解析データと実測データを比較した結果を図8に示す。この結果から、解析と実測の傾向が一致しており、開発したアンテナの有効性が確認できた。

### 3.4 製品への適用

開発した側部素子付き逆Lアンテナに無給電素子を追加したアンテナ構成は、平面上に素子パターンを形成してもサイズを小さくできることから、アンテナ素子を立体的に形成する必要がない。そのため、厚みが1 mm以下の平面アンテナとして作成することができ、薄型のノートPCにも搭載が可能である。また、周波数帯域を広くカバーでき、アンテナ周囲の実装条件によって生じる共振周波数のずれに対してロバスト性を備えて



図9. 製品化されたセルラー、GPS、及び無線LAN共用アンテナ — 開発したアンテナは、dynabook™ SS RX2をはじめ多くの機種に搭載されている。  
Combined antenna covering cellular, GPS, and wireless LAN systems for notebook PCs

いる。

このアンテナは、セルラー、GPS、及び無線LAN (IEEE 802.11a/b/g/n) の受信専用アンテナを共用化したアンテナとして製品化され(図9)、dynabook™ SS RX2をはじめとして、欧州向け HSDPA 対応ノートPCを中心に様々な機種に搭載されている。

## 4 あとがき

セルラー、GPS、及び無線LANの周波数帯に対応した共用アンテナをノートPC向けに開発し製品化した。この共用アンテナは、当社が開発した広帯域台形状モノポールアンテナを変形し多周波化したものであり、無線LANで使用される周波数帯域だけでなく、セルラーやGPSで使用される1.5~2.2 GHzにおける複数の周波数帯域でも良好なインピーダンス特性を実現している。

今後、LTE (Long Term Evolution) システムや第4世代携帯電話システムなど、ノートPCに搭載される無線システムは更に増加し、使用される周波数帯も拡大していくと予測される。これに対応するため、多周波・広帯域化によるアンテナの共用化だけでなく、使用する無線システムに応じて周波数帯域を切り替えるリコンフィグアンテナの開発を進めていく。

## 文献

- 手嶋正雄, ほか. "広帯域台形状モノポールアンテナに関する検討". 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会. 徳島, 2004-09, B-1-73.
- 手嶋正雄, ほか. "広帯域台形状モノポールアンテナに関する検討(2)". 電子情報通信学会総合大会. 大阪, 2005-03, B-1-143.
- 手嶋正雄, ほか. "広帯域台形状モノポールアンテナの多共振に関する検討". 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会. 金沢, 2006-09, BS-1-7.
- 堀田浩之, ほか. "側部素子付き逆Lアンテナの多周波化". 電子情報通信学会総合大会. 愛媛, 2009-03, B-1-96.



堀田 浩之 HOTTA Hiroyuki

モバイルコミュニケーション社 モバイルコア技術開発部 第二担当。PC用アンテナの研究・開発、及び電波伝搬評価技術の開発に従事。電子情報通信学会会員。  
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 インターフェース技術開発部主務。PC用アンテナの研究・開発、及びアンテナ評価システムの開発に従事。電子情報通信学会会員。  
Core Technology Center



溝口 聡 MIZOGUCHI Satoshi

モバイルコミュニケーション社 モバイルコア技術開発部 第二担当グループ長。携帯電話及びPC用アンテナの研究・開発、及びEMI低減技術の開発に従事。電子情報通信学会会員。  
Core Technology Center