

ノートPC及びタブレット用3G/LTEアンテナの高性能でチューニングが容易な実装技術

3G/LTE Antenna Packaging Technology with High Performance and Easy Tuning Function for Notebook PCs and Tablets

柏木 一平 辻村 彰宏

■ KASHIWAGI Ippei ■ TSUJIMURA Akihiro

近年のノートPC（パソコン）やタブレットは、複雑な機構構造やスタイリッシュなデザインを実現するため、内蔵アンテナの設計は非常に複雑になっている。とりわけ、第3世代（3G）や第4世代のLTE（Long Term Evolution）による高速通信を各国でサポートするには、カスタム設計によるアンテナの高性能化が欠かせない。

東芝は、ノートPC及びタブレット用に、高性能でチューニングが容易な独自のアンテナ実装技術を開発した。この技術をPortégéシリーズやTecraシリーズなど、海外向けラインアップに広くすばやく適用することで開発効率を上げている。

The expanding dissemination of 2-in-1 notebook PCs and tablets in recent years has increased the complexity of their embedded antennas to meet various requirements including complicated structures and stylish designs. In particular, as third-generation (3G)/LTE (Long Term Evolution) systems require a very wide frequency band for worldwide support, customized design of high-performance antennas has become essential to optimize the performance of each type of device.

Toshiba has developed a technology for 3G/LTE antenna systems embedded in its notebook PCs and tablets incorporating the following technological advancements: (1) high performance in low-frequency regions, (2) a wide bandwidth supporting high-frequency regions, and (3) a function that independently facilitates tuning in each frequency region. This technology has been rapidly applied on a wide scale to our Portégé series and Tecra series products for overseas markets.

1 まえがき

近年のノートPCやタブレットは、スライドしたり取り外したりしてどちらのスタイルでも使用できるコンバーチブルやデタッチャブルなど、2-in-1と呼ばれるプラットフォームが増加している。

東芝も、スタイリッシュなデザインを実現する高度なカスタム設計に取り組んでいる。そうしたなかで当社は、高性能でカスタマイズも容易な独自のアンテナ方式を開発しており、薄型ノートPCのPortégéシリーズやTecraシリーズなどに広く適用している。

このアンテナ方式は、700 MHz～2.6 GHzの間の様々な周波数帯で動作する“マルチバンドアンテナ”が必要な第3世代（3G）や第4世代（LTE）の携帯電話システム用アンテナに特に適している。このアンテナ方式を、欧州で先行して3G/LTE対応モデルとして実用化した13.3型薄型ノートPC Portégé Z30（図1）に適用した。

ここでは、ノートPCやタブレットに3G/LTEアンテナを実装するための技術課題、及び高性能化とカスタマイズのしやすさを同時に実現する当社独自のアンテナについて述べる。



図1. Portégé Z30 — 欧州で先行して3G/LTEによる高速無線通信に対応した13.3型薄型ノートPCである。

Portégé Z30 thin and light notebook PC

2 3G/LTE アンテナの技術課題

アンテナは、実装位置や、筐体（きょうたい）材質、塗装に含まれる金属含有量などの影響によって、周波数特性が変化する。周波数特性とは、特定の周波数におけるアンテナの性能のことであり、インピーダンスや効率によって評価される。

同じ3G/LTEアンテナを、材質が異なる二つの筐体の実装したときの、周波数特性の違いを図2に示す。誘電率の高い筐体1に実装すると、アンテナ性能は効率が-4 dB以上であり、当社で規定した基準値を上回っている。しかし、同じアン

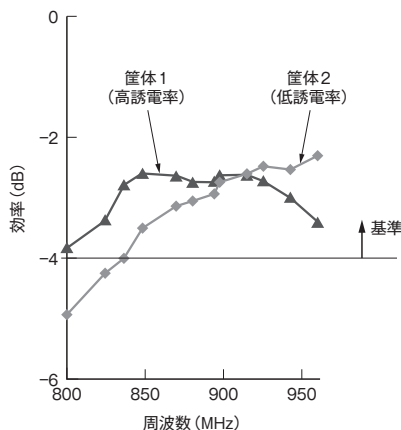


図2. 異なる筐体に実装したときの周波数特性 — 筐体の材質によってアンテナの周波数特性が異なるため、チューニングが必要である。
Frequency characteristics of 3G/LTE antenna on different platforms

テナを、筐体1と比較して誘電率の低い筐体2に実装すると、周波数特性が高い周波数へシフトし、一部でこの基準値を下回っている。こうした周波数特性の変化を効率的に調整するチューニングと呼ばれるカスタマイズが重要である。

ノートPCやタブレット用のアンテナをタイムリーに量産するためには、このチューニングを短期間で実現しなければならない。そのためには、アンテナの高性能化だけではなく、周波数特性の変化を容易にチューニングできるアンテナ方式が必要となる。

3 東芝の3G/LTEアンテナ方式

当社が開発した3G/LTEアンテナの基本構成を図3に示す。3G/LTEアンテナは、キャパシタ、短絡素子、分岐素子、及び無給電素子によって構成され、これらの組合せによって次の三つの特長を実現している。

- (1) 低い周波数領域の性能向上 — キャパシタと短絡素子の組合せによって、従来は動作しない700 MHz帯でもアンテナを動作させることができる。

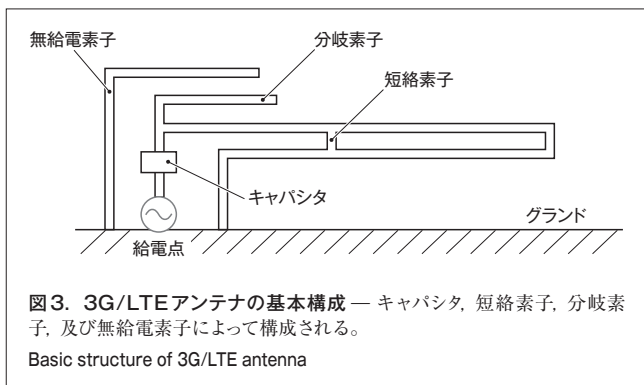


表1. 東芝独自のアンテナ方式が持つ特長

Features of Toshiba antenna structure

特長	関連構成要素				周波数 (MHz)
	キャパシタ	短絡素子	分岐素子	無給電素子	
(1) 低周波数領域の性能向上	○	○			700~1,000
(2) 広帯域化			○	○	1,500~2,200
(3) 周波数特性の独立チューニング	○		○	○	700~2,200

- (2) 高い周波数領域までサポートできる広帯域化 — 分岐素子と無給電素子の組合せにより、1.5 GHz帯から2.2 GHz帯の高い周波数領域で動作させることができる。分岐素子と無給電素子の長さを調整することで、アンテナの周波数特性をチューニングする。

- (3) 周波数特性の独立したチューニング — 低い周波数領域はキャパシタの定数によって、高い周波数領域は分岐素子と無給電素子の長さを調整することで、それぞれの周波数特性を独立してチューニングできる。

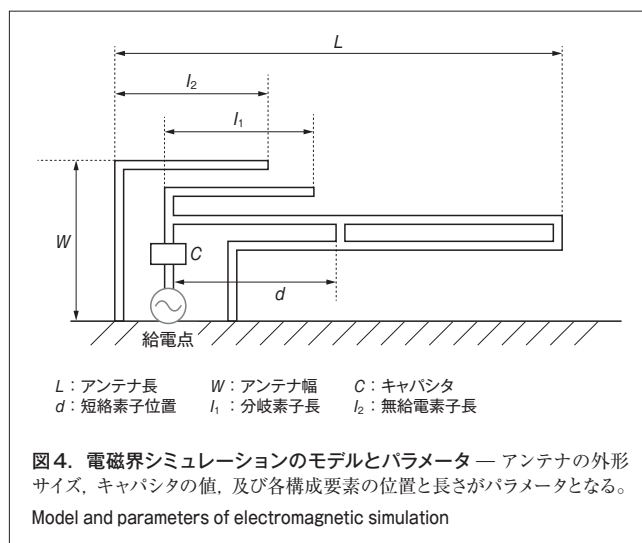
これらの特長とアンテナの構成要素との関係を表1に示す。当社の3G/LTEアンテナは広い周波数帯域をカバーできるだけでなく、対応する周波数を独立に調整して、アンテナの周波数特性の変化を容易にチューニングできる。

例えば、特長の(1)を実現するためのキャパシタは、1005サイズの小型チップ素子が利用可能である。これにより、小型化、低コスト化、及び高性能化を実現している。

4 アンテナ性能の電磁界シミュレーション

ノートPCのLCD (液晶ディスプレイ) 上部にアンテナを実装した場合の電磁界シミュレーションについて述べる。

シミュレーションモデルを図4に、シミュレーションにおける



各パラメータ一覧を表2に示す。アンテナの外形サイズは80(長さ)×10(幅)×0.3(高さ)mmとした。

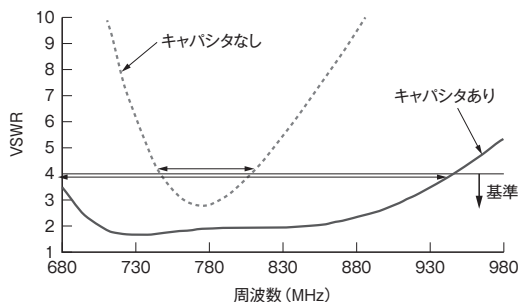
VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) の解析結果を図5(a)に示す。VSWRは1に近いほど、アンテナに電力を供給する際の電力損失が少ないことを意味している。この状態は、“アンテナが50Ω(注1)と整合が取れている”と表現する。

表2. 電磁界シミュレーションにおけるパラメータ設定

Parameter settings for electromagnetic simulation

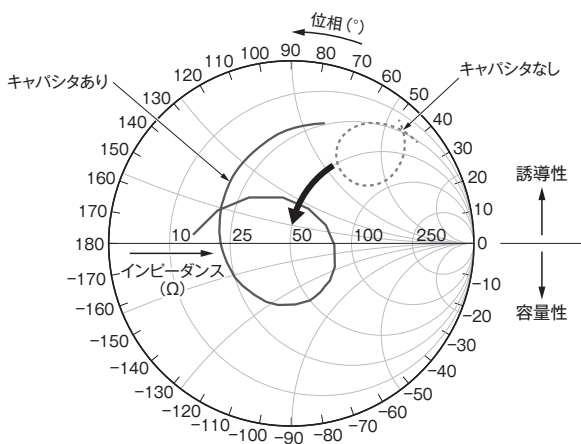
パラメータ	設定値	備考
L, W, H	80 mm, 10 mm, 0.3 mm	
C	なし, 又は1.5 ~ 3.0 pF	700 MHz帯に合わせて調整
d	10 ~ 50 mm	
l_1	20 ~ 40 mm	1.8 GHz帯に合わせて調整
l_2	10 ~ 30 mm	2.1 GHz帯に合わせて調整

*業界標準の高周波3次元電磁界解析ソフトウェアANSYS HFSS[®]を使用



*VSWRが1に近いほど50Ωと整合する

(a) VSWRの解析結果



*円の中央に近いほど50Ωと整合する

(b) スミスチャートによる解析結果

図5. 電磁界シミュレーションの解析結果 — 東芝独自の方式によるアンテナは、キャパシタを組み合わせることにより、VSWRを1に近づけられることがわかる。

Results of electromagnetic simulation

(注1) 無線機などの電力伝送用に使われている特性インピーダンス。

VSWRを4以下と規定した当社の基準値で見ると、特長の(1)で記載したキャパシタとの組合せによって、キャパシタがない場合に比べ、700 MHz帯を含む4倍以上の帯域でアンテナが動作していることがわかる。

この動作原理は、スミスチャートと呼ばれるチャートを見るとわかりやすい。スミスチャートによる解析結果を図5(b)に示す。スミスチャートは、円の中央に近いほどアンテナが50Ωと整合がとれていることを意味しており、アンテナのインピーダンスが円の上半分にある場合を“誘導性のインピーダンス”，円の下半分にある場合を“容量性のインピーダンス”と呼ぶ。

図5(b)を見ると、キャパシタを実装しない場合、アンテナが誘導性のインピーダンスで小さい軌跡を描いて回転していることがわかる。給電点に直列にキャパシタを実装することで、アンテナのインピーダンスを容量性の方向に調整することができる。そのため、当社のアンテナ方式は、キャパシタの実装によって広い周波数で50Ωとの整合を改善することができるのである。

機種によってこのインピーダンスが変化しても、キャパシタの値を1.5 ~ 3.0 pF程度の間で調整することで、インピーダンスを50Ω付近に調整でき、従来は動作しない周波数でもアンテナを動作させることが可能になる。

5 アンテナ性能の測定結果

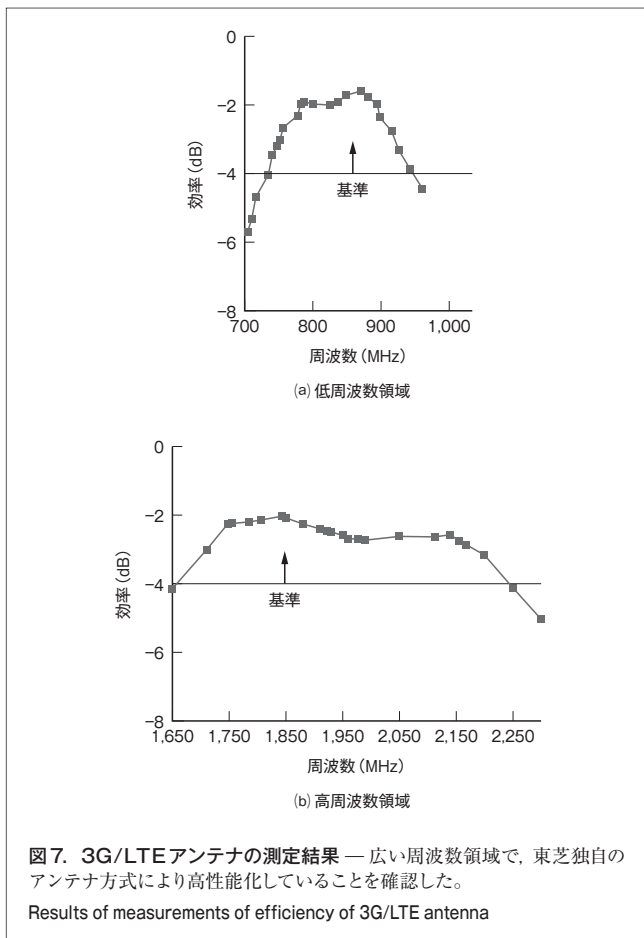
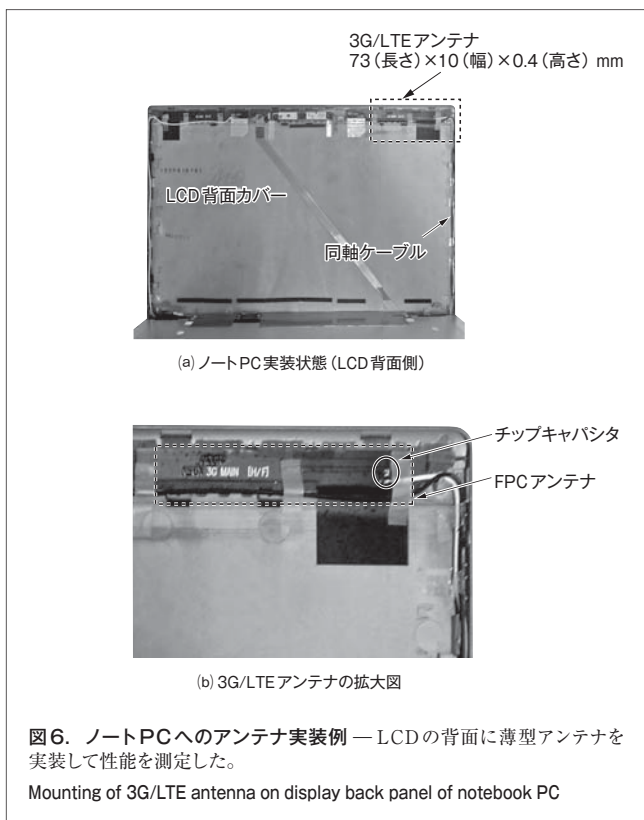
Portégé Z30にアンテナを実装した例を図6に示す。図3に示したアンテナ基本構成に基づいてFPC (Flexible Printed Circuit) で製造した。

アンテナサイズは73(長さ)×10(幅)×0.4(高さ)mmの平面タイプであり、約400mmの高周波用同軸ケーブルを用いて無線機と接続している。アンテナ部分の拡大図に示すように、ケーブル接続位置の近くに1005サイズのチップキャパシタを実装している。

この状態でアンテナの効率を測定した結果を図7に示す。ここでいう効率とは、無線機から出力した電力の何%が実際にアンテナから電磁波として放射しているかを意味している。便宜上、dBの単位で表示しており、0 dBでは全ての電力が電磁波として放射していることを意味する。-4 dBでは約40%が電磁波として放射し、それ以外は熱などに変換されて損失したことになる。

図7の測定データを見ると、746 ~ 960 MHzの非常に広帯域な周波数領域において効率が-4 dB以上となっており、当社独自のアンテナ方式は、実用上、良好な性能が得られていることが確認できる。

加えて、通信周波数帯域の一部である1,710 ~ 2,170 MHzでも、アンテナは効率-4 dB以上となっている。これは、特長の(2)に示した分岐素子と無給電素子の組合せによる放射であ



り、高い周波数領域でアンテナが動作していることが確認できる。

図6で示した例では平面タイプのアンテナを使用しているが、立体タイプに成型したタブレット端末へ実装することも可能である。その場合、立体の3面を使って設計することで、アンテナのチューニングの自由度が広がり、より柔軟にデザインに合わせることができる。

6 あとがき

キャパシタ、短絡素子、分岐素子、及び無給電素子を設置することで高性能化とチューニングの容易さを同時に実現した当社独自のアンテナ方式について述べた。電磁界シミュレーション及びアンテナ性能測定結果から、このアンテナ方式の動作原理と実用性を示した。このアンテナ方式は、当社製ノートPCやタブレット用の3G/LTEアンテナとして、多くの機種で実用化している。

文献

- (1) アンシス・ジャパン. "ANSYS HFSS". アンシス・ジャパンホームページ. <<http://ansys.jp/products/electromagnetics/hfss/>>, (参照 2014-08-19).



柏木 一平 KASHIWAGI Ippei

パーソナル&クライアントソリューション社 ビジネスソリューション事業部 設計第三部。ノートPC及びタブレット用アンテナの開発に従事。IEEE, 電子情報通信学会会員。
Business Solutions Div.



辻村 彰宏 TSUJIMURA Akihiro

パーソナル&クライアントソリューション社 ビジネスソリューション事業部 設計第三部。ノートPC及びタブレット用通信技術の開発に従事。電子情報通信学会, エレクトロニクス実装学会会員。
Business Solutions Div.