

チューナブルアンテナ技術

Tunable Antenna Technologies

峯邑 隆司

■ MINEMURA Takashi

鈴木 裕道

■ SUZUKI Hiromichi

大場 功

■ OHBA Isao

無線通信技術の進歩と利用形態の多様化に伴い、モバイル環境において利用される周波数範囲は拡大している。お財布携帯やモバイル Suica, 3セグラジオ, ワンセグ地上デジタル, 第3世代携帯電話, 無線 LAN, WiMAX (Worldwide interoperability for Microwave Access), MIMO (Multiple Input Multiple Output), UWB (Ultra Wide Band) など, その周波数範囲は十数 MHz から数 GHz までが視野に入りつつある。情報端末, 特に軽薄短小化やデザイン性を求められる携帯電話では, 実装する無線システムと同じ数のアンテナスペースを確保することは困難になってきており, マルチ無線化及び省スペース化に対応するアンテナの設計技術が要求される。

東芝は, マルチ無線化への対応を目的として, チューナブルアンテナ技術の開発を行ってきた。能動素子を用いたチューナブルアンテナ技術の適用により, UHF/VHF 帯切替えアンテナや, 従来の受動素子だけでは実現困難な比帯域 50 % をカバーする内蔵アンテナを開発した。

The frequency range allocated to mobile applications is expanding with the diversification of customer uses and the progressive development of wireless communication technologies. Devices are now being equipped with convenient features including electronic money, mobile "Suica" services, digital radio and TV, wireless LAN, Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX), multiple-input multiple-output (MIMO), and ultra-wideband (UWB) capabilities, with the result that the frequency range extends from 13.5 MHz to 5 GHz. On the other hand, information devices, especially cellular phones, are required to be thin and compact but with full consideration given to design. In terms of space, integrating the necessary number of antennas is becoming a difficult issue. Antenna design technologies thus need to be developed to realize multiple wireless systems that occupy less space.

Toshiba has been developing tunable antenna technologies for multiple wireless systems. The use of active components has made it possible to overcome the bandwidth limitation and realize antennas such as a UHF/VHF band switching antenna and an internal UHF band antenna with 50 % bandwidth coverage.

1 まえがき

携帯電話に搭載される無線システム数は, 増え続けている。過去の報告例によると, 今後の搭載システム数は 11 に上ることが予想されている⁽¹⁾。一方, 高機能化に合わせて, 各システム用に逐一アンテナを用意し実装スペースを設けることは, 軽薄短小化やデザイン重視の潮流の妨げになる可能性もある。携帯電話のような小型機器においては, 手持ちや通話時のアンテナ利得の低下及びアンテナ間干渉の観点から, アンテナの実装可能な筐体(きょうたい)内の場所とその物理的スペースは限られている^{(2),(3)}。

東芝は, これらマルチ無線化の要求に対応する, チューナブルアンテナ技術の開発を行ってきた^{(4),(5)}。ここでは, アンテナの諸方式におけるチューナブルアンテナの位置づけと, 開発したチューナブルアンテナの概要及び特徴について述べる。

2 アンテナ方式

2.1 マルチバンドアンテナと超広帯域アンテナ

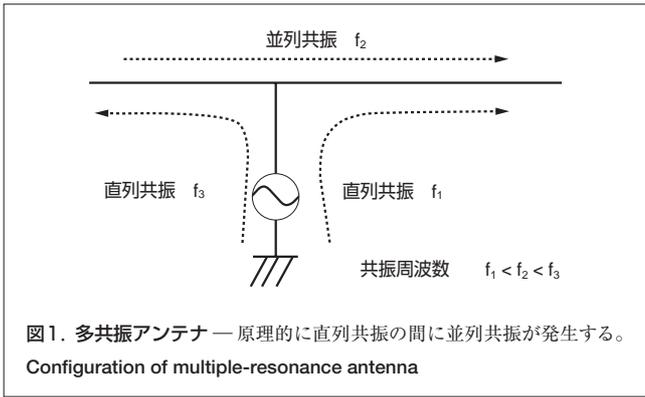
アンテナの実装体積が与えられたとき, 単一共振のダイポール系のアンテナにおいて一般的に言えることとして, 次の関係が成り立つ^{(6),(7)}。

波長換算のアンテナの電気的体積 \propto 放射効率 \times 利得 \times 帯域

波長換算のアンテナの電気的体積: V/λ^3 , 放射効率: η , 利得: G (dB), 帯域: B (GHz) とすると, 上の比例関係は次のように表される。

$$V/\lambda^3 \propto \eta \cdot G \cdot B$$

モノポール系のアンテナにおいては, アンテナ素子からの放射電力と GND (GrouND: 接地) 基板からの放射電力の比により必ずしも上式のとおりではないが, 所望利得 (G) を満足させる周波数帯域 (B) を確保することと, アンテナ体積 (V) を小さくすることとはトレードオフの関係にあることには変わ



りがない。

このトレードオフ関係を克服し、広帯域化を実現する一つの手段として、アンテナの多共振化がある(図1)。多共振アンテナは給電点から $\lambda/4$ 波長の素子を枝状に配置する構成を基本としている。所望の直列共振が例えば二つある場合、すなわち枝が2本の場合は、それらの中間の周波数に、一方の枝から他方の枝への遷移状態である並列共振モードが現れる特徴がある。並列共振は、給電点やGND基板にほとんど電流が流れず、アンテナ素子に主な電流が流れるモードであり、逆相配置などアンテナが放射素子として十分な大きさを持つことができない場合には、導体損などのためにアンテナの放射効率はやがて下がってしまう。例えば、断続的に所望帯域があるセルラー系GSM(Global System for Mobile communication)～UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)では、利用しない帯域にうまく並列共振を合わせ、放射効率の良い直列共振だけを利用することが可能であるが、連続的な周波数帯域を要求される放送系(ワンセグ放送: 470～770MHz)では、所望の比帯域50%を、並列共振を含まずに実現することは困難である。

別なアプローチとして、板状のダイポールアンテナや涙滴形状導体を基点としたUWB(Ultra Wide Band)などで用いられる超広帯域アンテナがあり、3.1GHz以上の広帯域アンテナとして製品設計が進められている(図2)。しかしながら、



低周波においては、このまま拡大した相似形状を適用するのは困難である。例えば、500MHzにおいて $\lambda/2$ 波長=30cmのアンテナ長となり、携帯電話の上下基板そのものをアンテナとし、上下基板の中間点での給電構造を設ける必要があるなど、製品設計上克服しなければならない技術課題がある。

このように、金属導体を含む受動素子により構成された従来のアンテナでは、現行の携帯電話におけるアンテナサイズを極端に大きくすることなく、放送系のアンテナの、特に内蔵化の実現は困難である。

2.2 チューナブルアンテナ

古くはバリコンを用いたAMラジオもチューナブルアンテナと呼べるが、ここではアンテナの状態を能動素子を用いて断続的又は連続的に切り替えるアンテナ方式をチューナブルアンテナと呼ぶ。能動素子としてはバリキャップや半導体スイッチ、更に、低損失デバイスとして期待されるRF-MEMS(Radio Frequency - Micro Electro-Mechanical Systems)がある。可変容量又は可変インダクタ素子として用いる場合には、スイッチング動作時に比較してひずみなどの課題があり、送信系に使うにはそのことを念頭におく必要がある。放射に寄与するアンテナ素子の一部分に能動素子を用いる場合、周波数チューナブルアンテナとして利用する方法と、指向性チューナブルアンテナとして利用する方法とがある。

指向性チューナブル技術は、能動素子により電流の流れる主なパスを変えることで放射パターンを切り替える方式である。機器の保持状態を含む利用シーンが明確で、伝播(でんぱ)環境などから放射パターン切替えが有効であることがはっきりしている場合に適用され、今後開発が進む分野である。

周波数チューナブル技術は、前出のようにほかのアンテナ方式では対応できない低周波においても有効となるアンテナ方式で、その適用範囲は広い。欠点としては、同時刻に広い帯域をカバーできないことであるが、実装上のQ値が数十以下であることから、 μs オーダーの切替えは可能である。今回の検討では、能動素子として半導体スイッチを使っている。

3 スwitching素子とアンテナの組合せ例

まず、半導体スイッチとロッドアンテナとを組み合わせた例を図3の回路図で示す。UHF帯とVHF帯兼用の1本の受信用アンテナの整合回路部分にスイッチを設けている。SPDT(Single Pole Double Throw)タイプのスイッチを用い、UHF帯とVHF帯の両方でインピーダンス整合がとれるようにしている。

整合回路にスイッチを用いることで整合回路側の簡素化、調整の容易さと経路の独立性を実現し、従来のスイッチなしの回路に対するアンテナ性能の優位性を確認している。

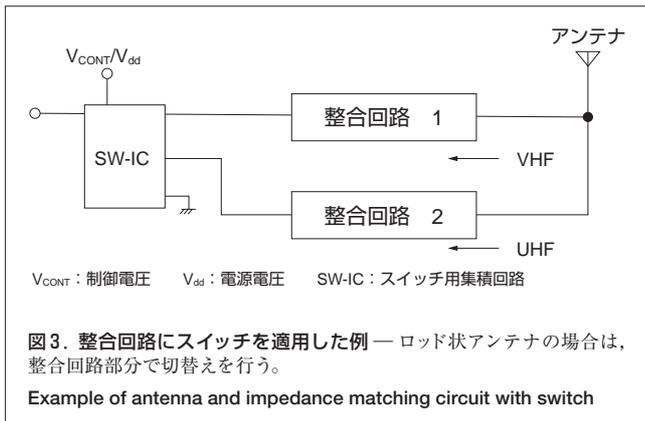


表1. チューナブルアンテナに用いるアンテナ方式の比較
Comparison of antenna types with tunable operation

アンテナ方式	利点	欠点
ループアンテナ	・放射抵抗大きく整合がとりやすい	・スイッチ切替えが多い ・アンテナサイズが大きく実装に制限が生ずる
T字アンテナ (開放端多共振構造)	・ON/OFFの2選択で切替え可能	・左右の腕の長さの比が所定の範囲内であることが必要
小形ループアンテナ	・小形 ・手持ちによる影響小	・スイッチ切替えが多い ・チップ部品多用

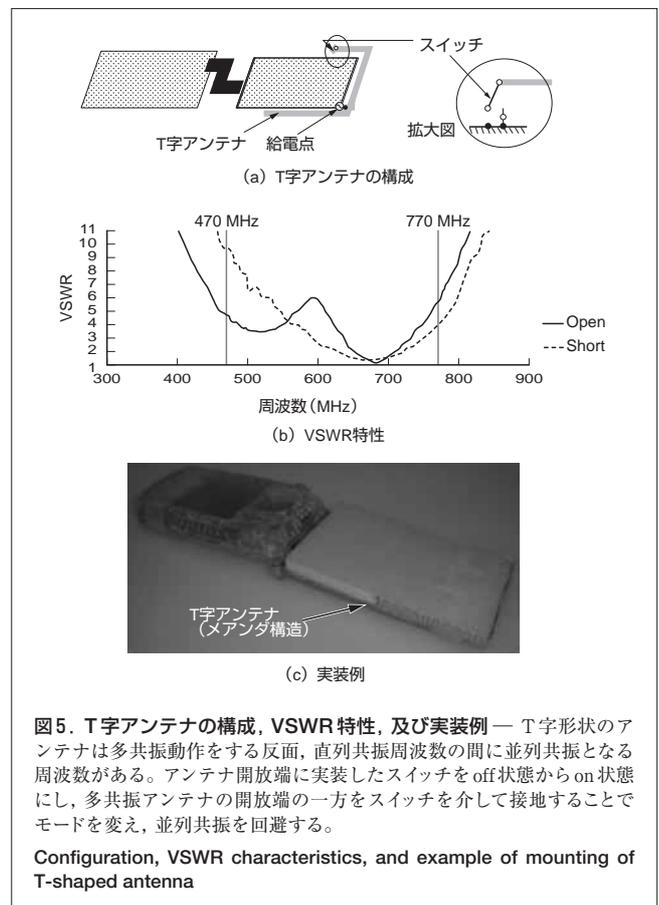
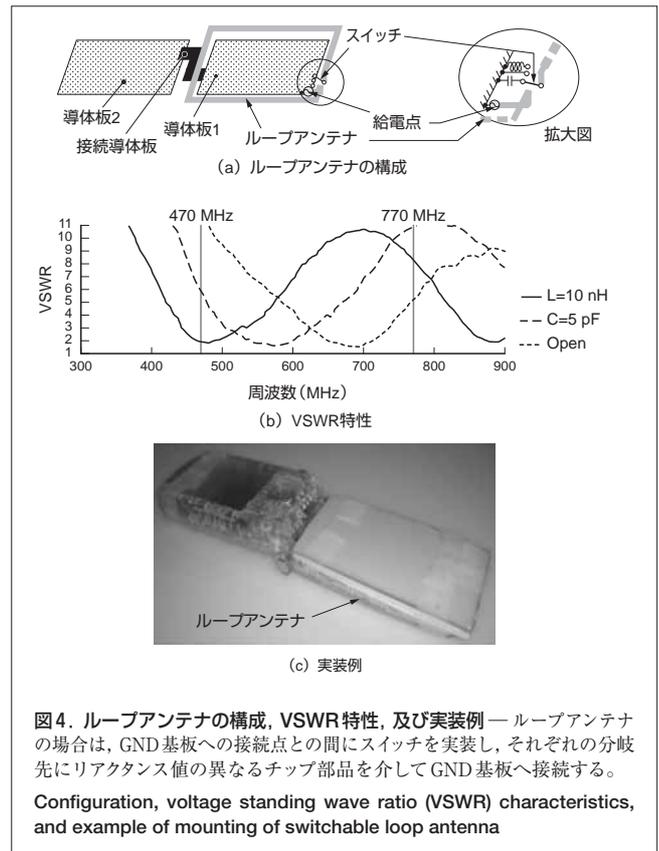
アンテナの一部にスイッチを設けることの難しいロッドアンテナにおいては、このように給電ラインの一部にスイッチによる分岐を設けることになる。

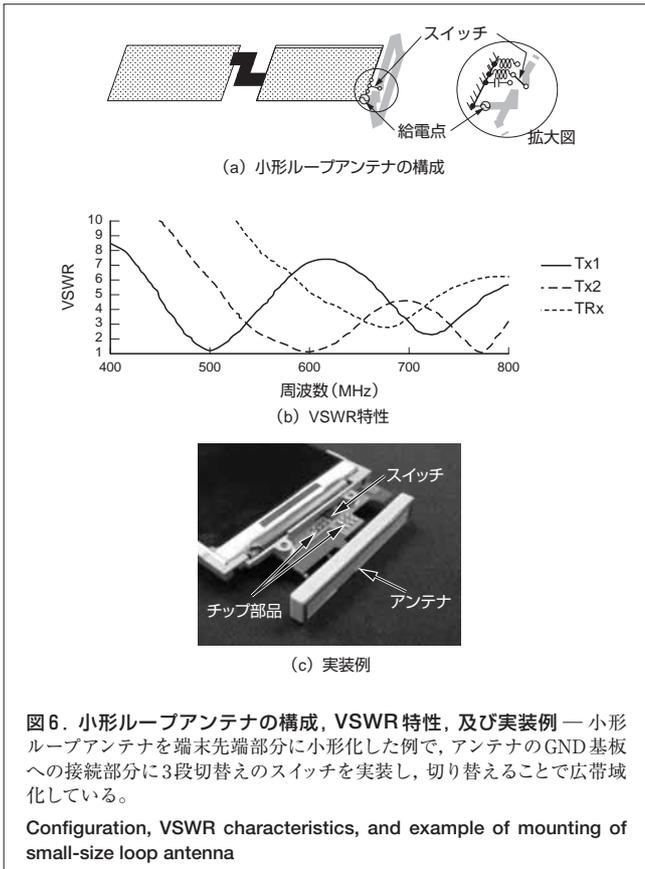
次に、UHF帯をカバーする内蔵アンテナの例を示す。表1は、以下に述べる、チューナブルアンテナに用いる3種類のアンテナ方式の利点と欠点を比較したものである。

アンテナの開放端にスイッチを設け、GND基板への短絡の有無により共振を変えるT字アンテナ方式と、アンテナのリターン線が接地する部分に集中定数であるチップ部品を複数実装し、それをスイッチで切り替えるループアンテナ方式とを検討した。適用周波数におけるスイッチの挿入損とアイソレーション、所望可変範囲により、どちらのアンテナ方式を選択するかが決まる。ループアンテナの構成、VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) 特性、及び実装例を図4に示す。ループアンテナの接地端にスイッチを実装し、スイッチのそれぞれの分岐先にリアクタンス値の異なるチップ部品を介してGNDに接地する方式である。

図5は、T字形のアンテナの例であり、図2の多共振アンテナの一方の開放端にスイッチを実装した構成となっている。スイッチをGNDに対してOpen/Shortの2状態で切り替えることで、並列共振モードの発生する周波数において直列共振となるようスイッチをShort状態にする。

図6は、小形ループアンテナを端先先端部分に小形化した例で、3段切替え時のVSWR特性及びこの測定で用いた





実装例を示す。

4 あとがき

マルチ無線化に対応するチューナブルアンテナを開発した。開発したアンテナは内蔵アンテナで, UHF帯で50%の帯域を持ち, 併せてVHF/FM帯にも対応可能である。

今後, マルチ無線化と機器の軽薄短小化は更に進むと考えられる。開発したチューナブルアンテナ技術のほかの周波数帯への展開とともに, MEMSなどのスイッチングデバイスの検討, 指向性制御への技術展開などが検討課題となる。

文献

- (1) ISSCC 2004 Nokia社発表資料, “Cellular-Phones as Embedded Systems”. < <http://techon.nikkeibp.co.jp/members/NEWS/20040217/101979/> >.
- (2) 小堤直樹, ほか. 地上波デジタル放送受信との共用化を図った携帯電話用アンテナの放射特性. 電子情報通信学会技術研究報告 (AP2004-207). **104**, 560, 2005, p.65 - 70.
- (3) 浅見直樹, ほか. 携帯機器向けアンテナ「広帯域でも小さく」に挑む. 日経エレクトロニクス, **J62-B**, 1, 2004, p.69 - 80.
- (4) 鈴木裕道, ほか. 携帯端末向け地上デジタル放送用ループ形アンテナ. 電子情報通信学会技術研究報告. **105**, 188, 2005, p.47 - 52.
- (5) 大場 功, ほか. 携帯端末向け地上デジタル放送用T型アンテナの一検討. 電子情報通信学会技術研究報告. **105**, 262, 2005, p.85 - 90.
- (6) 新井宏之. 新アンテナ工学. 総合電子出版社, 1998, 220p.
- (7) L. J. Chu. Physical Limitations of Omni-Directional Antenna. Journal of Applied Physics. **19**, 12, 1948, p.1163 - 1175.



峯邑 隆司 MINEMURA Takashi

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
モバイルテクノロジーセンター主務。モバイル機器向けアンテナとアンテナ評価技術の開発に従事。電子情報通信学会会員。
Core Technology Center



鈴木 裕道 SUZUKI Hiromichi

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
モバイルテクノロジーセンター。モバイル機器向けアンテナ開発に従事。電子情報通信学会会員。
Core Technology Center



大場 功 OHBA Isao

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
モバイルテクノロジーセンター。モバイル機器向けアンテナ開発に従事。電子情報通信学会会員。
Core Technology Center