

マルチバンド内蔵アンテナ技術

Multiband Internal Antenna Technology

天野 隆 佐藤 晃一 溝口 聡

■ AMANO Takashi ■ SATO Koichi ■ MIZOGUCHI Satoshi

携帯電話の進化に伴って、アンテナ技術も著しい進化を遂げてきた。固定通信に用いられるアンテナと比較して、移動通信に用いられるアンテナは、変動する伝播(でんぱ)環境、周辺システムや回路との干渉、手など近接物体の影響などに対応が必要であり、近年のアンテナ内蔵化の要求は、その設計技術を更に高度なものにしている。

東芝は、高機能化が進む第3世代携帯電話に向けて、小形で高効率なマルチバンド内蔵アンテナを開発した。このアンテナは、折返しアンテナを多周波化した独自構造であり、周辺部品近接時のインピーダンス低下と並列共振モードの回避、及び低相関素子構成により、当社従来アンテナに比べ実装体積で1/2、アンテナ効率は2 dBの向上を実現した。

The evolution of mobile phones has also led to a remarkable evolution in antenna technologies. Antennas for mobile communications must respond much more closely to the effects of the surrounding environment than antennas for fixed communications. Moreover, the recent demand for internal antennas has resulted in even further advancements in the design technology.

Toshiba has developed a multiband internal antenna aimed at third-generation mobile phones. The newly developed antenna realizes half the mounted volume as well as a 2 dB improvement in antenna efficiency.

1 まえがき

携帯電話をはじめとする無線機能を搭載したデジタル家電の進化に伴って、アンテナ技術も著しい進化を遂げている。携帯電話を例にとると、数年前までは、アンテナは機器の外側に飛び出した、いわゆる外部アンテナ(引出し式アンテナ)が一般的であったが、近年の軽薄短小化、またデザイン性重視の要求から、アンテナは機器の内部に実装される、いわゆる内蔵アンテナが主流になった。これに伴いアンテナの実装体積は、ここ数年で1/10程度になっている。

一方、第3世代携帯電話はヨーロッパや、アジア、アメリカなど複数の携帯電話システムへの対応を可能としたマルチモード端末である。したがってアンテナには、複数の携帯電話システムをカバーするためにマルチバンド化が要求される。

ボーダフォン(株)向けの第3世代携帯電話には、GSM(Global System for Mobile communication), DCS(Digital Communication System), PCS(Personal Communication Services), UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)の四つの携帯電話システムが搭載され、アンテナは800 MHz帯から2 GHz帯までの広い周波数帯域をカバーすることが要求される。

東芝は、これらアンテナ内蔵化やマルチバンド化の要求に対応する、マルチバンド内蔵アンテナを開発した。開発したアンテナは、折返しアンテナを多周波化した当社独自の構造で、小さな実装体積で高い性能を得られるほか、調整が

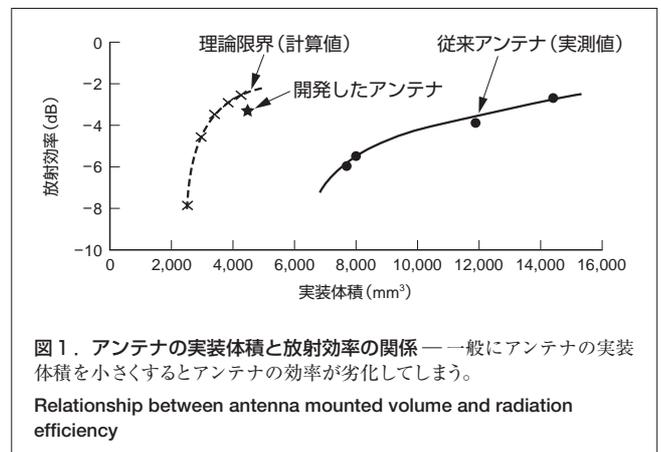
容易であることが特長である。このアンテナは、当社従来アンテナに比べ実装体積で1/2、アンテナ効率は2 dBの向上を実現し、高機能化が進む第3世代携帯電話の小型、薄型化に貢献している。

ここでは、開発したマルチバンド内蔵アンテナの概要とその特長、マルチバンド内蔵アンテナの開発を支える最新の評価技術、次世代携帯電話に向けたアンテナ開発の課題とそれらに対する取組みについて述べる。

2 マルチバンド内蔵アンテナ

2.1 アンテナの実装体積

アンテナを限られた空間で効率よく動作させるには、アン



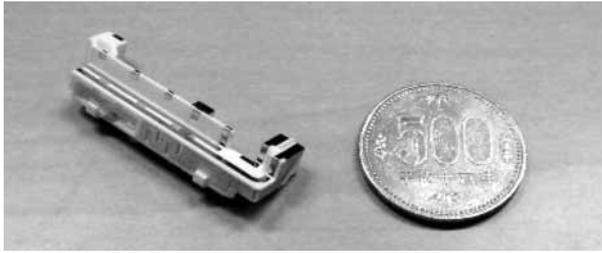


図2. マルチバンド内蔵アンテナ — アンテナ自体の体積は約1.5cm³であり、MID (Molded Interconnect Device)という3次元回路形成技術を用い折返しアンテナの配線パターンを立体的に実現している。

Multiband internal antenna

テナ周辺に、ある程度の空間が必要である。図1は第3世代携帯電話向けの内蔵アンテナを例として、アンテナの実装体積と放射効率の関係を示している。実線は従来の内蔵アンテナのベンチマーク結果であり、破線は電磁界解析によって求めた理論限界である。

アンテナの放射効率を上げるには、周辺の空間を含めたアンテナの実装体積を大きくとる必要があることがわかる。従来アンテナに比べ大幅な小形化と理論限界に近い放射効率を実現した。図2は、今回開発したマルチバンド内蔵アンテナの外観である。小形のマルチバンド内蔵アンテナを実現するためのいくつかのポイントを次節以降に述べる。

2.2 ハイインピーダンス

アンテナを携帯電話に内蔵すると、周辺部品との近傍電磁界結合が発生し、アンテナの入力インピーダンスが低下し、結果としてアンテナの放射抵抗が下がり、放射効率が劣化する現象が発生する。そのためにアンテナ周辺には、ある程度の空間が必要であり、アンテナの小形化を妨げている。この課題を解決するために、図3に示した折返しアンテナ方式を採用した。

折返しダイポールアンテナ(図3(b))は、ダイポールアンテナ(図3(a))に比べ、高い入力インピーダンスを持ち⁽¹⁾、回路基板やシールドなどの周辺部品に近接しても、入力インピーダンス低下とアンテナの放射抵抗低下を防ぐことができ、高い放射効率を実現できる。携帯電話用の内蔵アンテナとして一般的な逆Fアンテナや逆Lアンテナなどはモノポールアンテナであるが、図3(c)に示す折返しモノポールアンテナの構成により、同様にハイインピーダンス化が可能である。

2.3 並列共振モード

アンテナをマルチバンド化するには、アンテナに複数の共振モードを誘起する必要がある。一般に一つの給電点に対し共振周波数の異なる複数のアンテナ素子を構成する方法が用いられる。一つの給電点に複数のアンテナ素子を接続すると、並列共振モードと呼ばれる放射効率の悪い不要な共振モードが発生する。

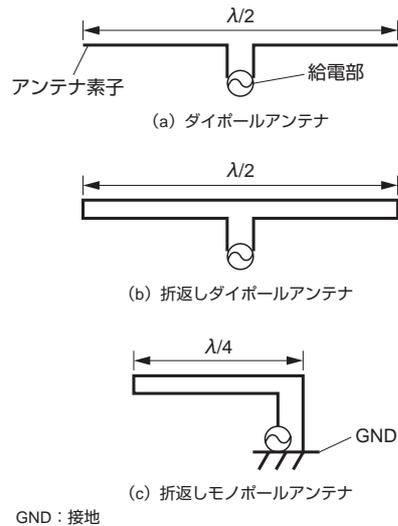


図3. 折返しアンテナの概念 — 半波長($\lambda/2$)の長さの折返しダイポールアンテナは、そのインピーダンスが単一導線のダイポールアンテナの約4倍になる。

Concept of folded antenna

携帯電話用アンテナは、一般にアンテナだけでなく回路基板や筐体(きょうたい)の金属部分から放射するよう設計されており、見かけ上のアンテナ体積を大きくし放射効率を向上している。しかし、並列共振モードは、アンテナ素子だけから放射するモードで、基板や筐体を利用した共振に比べ、アンテナ金属の導体損などで放射効率が劣化する。

図4は、無給電素子を装荷し、並列共振モードの放射効率を向上した構成である。無給電素子に結合した並列共振

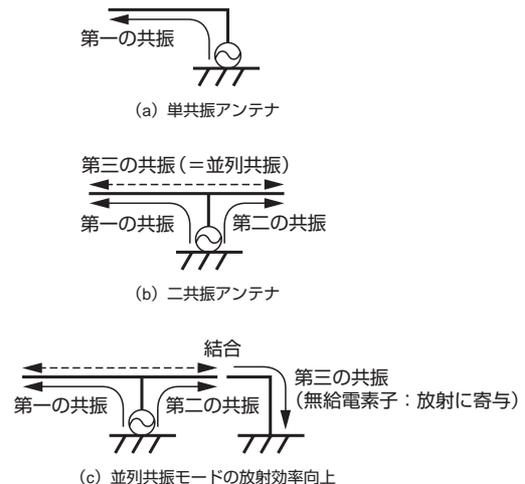


図4. 無給電素子の装荷による並列共振モードの放射効率向上 — 並列共振モードのエネルギーを無給電素子に誘起し、無給電素子は、片側が基板GNDに短絡されているため、無給電素子と基板GNDにより放射効率を向上できる。

Improvement of radiation efficiency with parasitic element

モードの電流は、基板や筐体からの放射を伴い、結果として並列共振モードの放射効率を向上することができる。

2.4 低相関素子の構成

実際に内蔵アンテナを端末筐体内部に実装すると、周辺部品との近傍電磁界結合の影響により、特性の微調整が必要である。結合の度合いは周波数特性を持つために、マルチバンド内蔵アンテナの設計においては、各共振アンテナが独立に調整できることが望ましい。

図5は各共振アンテナ素子間の結合を低減する方法の一つである。第一の共振を折返しアンテナで実現し、更に素子を追加して第二の共振を実現する場合、折返しアンテナの所定の位置に短絡素子を設けることにより、第一のアンテナ素子の長さを調整して共振周波数を変更しても、第二のアンテナ素子の共振周波数にはほぼ影響を与えない⁽²⁾。このように、アンテナ素子どうしを低相関にする構成は、内蔵アンテナの調整に要する時間を短縮でき、開発効率の向上に有効である。

以上のような、マルチバンド内蔵アンテナを実現するためのポイントを考慮したアンテナの構成例を図6に示す。

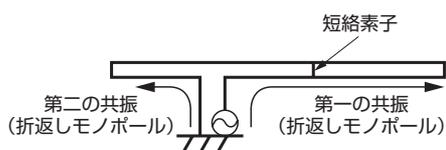


図5 二共振折返しアンテナ — 折返しアンテナの所定の位置に短絡素子を設けることで、アンテナ素子間相関を低減できる。

Reduction of correlation between antenna elements

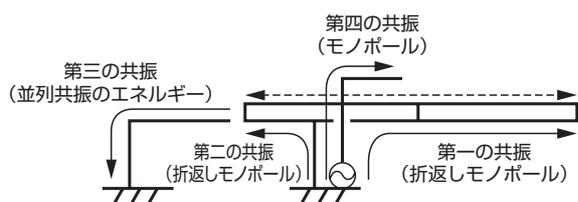


図6 多周波折返しアンテナの構成例 — 折返しモノポールを二共振化し、無給電素子による並列共振モードの効率向上、短絡素子による素子間相関低減、モノポール追加による広帯域化を実現している。

Example of multiband folded antenna

2.5 マルチバンドアンテナの高速評価

マルチバンドアンテナの開発を効率よく進めるうえで課題となってくるのが、評価時間の短縮である。アンテナの放射特性の評価は、評価する周波数が増えるとその分だけ増加する。図7は、当社で開発したマルチバンド対応3次元放射特性測定装置の概観である。



図7 マルチバンド対応3次元放射特性測定装置 — マルチバンドアンテナの複数周波数帯の3次元放射指向性と放射効率を約2分間で評価できる。

3D radiation characteristics measurement system for multiband antenna

二つの回転軸を持った特殊な回転ジグの先端に被測定アンテナや携帯電話を設置する⁽³⁾ことで、約2分間で複数周波数の3次元放射指向性と放射効率の測定を可能としている。このような高速評価技術を導入することも、マルチバンドアンテナの開発には重要である。

3 次世代アンテナ技術

第3世代携帯電話を皮切りに、携帯電話はマルチ無線化が加速する。現在のBluetoothTM^(注1)やアナログテレビ放送、FMラジオ放送に加えて、無線認証機能や無線LAN、地上デジタル放送機能などの搭載が考えられる。また、次世代の携帯電話システムでは、複数アンテナを用いた高速無線通信機能も検討されている。以下では、これらマルチ無線化、マルチアンテナ化に対応するための次世代アンテナ技術について述べる。

3.1 チューナブルアンテナ技術

マルチ無線化が進むと、アンテナは数十MHz～数GHzまでの広い周波数帯域をカバーすることが要求される。一つのアンテナで複数の周波数帯域をカバーするチューナブルアンテナ技術の開発を進めている。

チューナブルアンテナは、アンテナ素子とアクティブ素子を組み合わせ、いわゆるアクティブアンテナの一つであり、アンテナ素子の一部分にスイッチを設け、スイッチをオン/オフすることでアンテナの共振周波数を切り替える⁽⁴⁾。アンテナの放射効率を劣化させないよう、アンテナ素子とスイッチを組み合わせることが課題であり、オフ時のアイソレーションの高いスイッチ開発も重要である。

(注1) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の商標。

また、チューナブルアンテナの技術により、周波数帯域や利用シーンによって指向性を制御することも可能である。現在、このチューナブルアンテナの技術を用いて、地上波デジタル放送の広い周波数帯域を、内蔵アンテナで受信するための技術開発を進めている。

3.2 超広帯域アンテナ技術

マルチ無線化に向けて、一つのアンテナで広い周波数範囲をカバーする超広帯域アンテナ技術の開発も進めている。図8は開発した超広帯域アンテナの一例である。このアンテナは、3~8GHz帯をカバーし、小形、平面構造であることから携帯電話やパソコン(PC)への実装性に優れ、広い周波数範囲にわたって水平面内無指向性の放射特性を持つことから、安定した通信品質が得られることなどが特長である⁽⁵⁾。

無線システム間の同時動作、無線モジュールの構成、利用シーンなどによって、マルチバンドアンテナ技術、チューナブルアンテナ技術、超広帯域アンテナ技術を組み合わせ、マルチ無線化に向けたアンテナの進化がますます進んでいく。

3.3 マルチアンテナと伝播環境評価技術

次世代セルラーシステムや次世代無線LANシステムでは、複数のアンテナを用いて高速伝送を行うシステムの開発が進んでいる。これらシステムに対応するマルチアンテナは、アンテナ間相関を考慮した設計が要求されるが、アンテナの機器への内蔵が進むと、実際の伝播環境でいかに低相関な設計ができるかが重要な課題である。

実際の伝播環境で低い相関を得るには、実際の伝播環境の把握が必要であり、伝播環境の測定技術の開発が重要な課題である。当社は、平面2方向に移動可能なステージ上に電波影響の小さいポールを設置し、そのポールの上部にアンテナを取り付けた伝播環境測定装置を開発した。このアンテナで3次元マトリクス状の電界分布を測定する。

測定結果を信号処理することで、到来波の振幅や方向、遅延プロファイルなどがほぼリアルタイムで測定できるアルゴリ



ズムを開発した⁽⁶⁾。この測定装置を用いて主要な伝播環境の測定を実施し、測定結果に統計的な処理を加えることで、高速伝送を担うマルチアンテナの設計をロバスト化する。

4 あとがき

第3世代携帯電話のマルチモード化に対応するマルチバンド内蔵アンテナを開発した。開発したアンテナはハイインピーダンス化、並列共振モードの回避、低相関素子構成により、当社従来アンテナに比べ実装体積で1/2以下、アンテナ効率で2dB以上の向上を実現し、高機能化が進む第3世代携帯電話の小型、薄型化に貢献している。

今後は、携帯電話だけでなくPCをはじめとするデジタル家電のマルチ無線化が進んでくる。開発したマルチバンド内蔵アンテナ技術や、開発中のチューナブルアンテナ技術、超広帯域アンテナ技術は、次世代無線ネットワークを構成する機器へ広く展開が可能である。

文献

- (1) 内田英成, ほか. 超短波空中線. 東京, コロナ社, 1995, p.157 - 183.
- (2) 佐藤晃一, ほか. “二周波共用二点短絡型折り返しアンテナ”. 東京, 2004, 電子情報通信学会総合大会. B-1-57 (CD-ROM).
- (3) Amano, T., et al. High-speed radiation characteristics measurement equipment over the solid angle of a sphere for cellular phones in the vicinity of a human head. Fukuoka, Japan, 2000-8, ISAP2000. 2A3-1 (CD-ROM).
- (4) 鈴木弘道, ほか. “地上デジタル放送向け携帯電話用ループアンテナ”. アンテナ・伝播研究会. 北海道, 2005-07. 電子情報通信学会. p.47 - 52.
- (5) 島崎 寛, ほか. 小形平面ダイポールアンテナの放射特性に関する一検討. 徳島, 2005, 電子情報通信学会総合大会. B-1-57 (CD-ROM).
- (6) 堀田浩之, ほか. 到来波の到来方向および到来仰角推定に関する一検討. アンテナ・伝播研究会. 東京, 2005-06, 電子情報通信学会. p.7 - 12.



天野 隆 AMANO 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グループ長。携帯電話用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



佐藤 晃一 SATO Koichi

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。携帯電話用アンテナと電波伝搬評価技術開発に従事。電子情報通信学会会員。
Core Technology Center



溝口 聡 MIZOGUCHI Satoshi

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。携帯電話用アンテナとEMI低減技術開発に従事。電子情報通信学会会員。
Core Technology Center