

マルチバンドアンテナ

A Multi-Band Antenna for Mobile Phones

玉岡 弘行*
Hiroyuki Tamaoka

濱田 浩樹*
Hiroki Hamada

上野 孝弘*
Takahiro Ueno

概要 携帯電話端末用アンテナには、広帯域、高効率はもちろん、小型、完全内蔵、多周波共用及びアイソレーション特性等様々な性能が要求される。市場のニーズに対して、PIFA (planar inverted-F antenna; 板状逆Fアンテナ) に代表される従来技術は限界を迎えつつある。このような状況を打破すべく、電磁界シミュレーションを駆使し、携帯電話に最適な新規アンテナ (単周波用及び多周波共用) の開発を行った。開発したアンテナは独自の導体パターンと高誘電樹脂材料を用いることを特徴としており、従来型PIFAのわずか10分の1の体積で同等の性能が得られることを確認した。

1. はじめに

ユビキタス社会の実現に向けて、携帯電話をはじめとするワイヤレス通信機器の進化は一層の加速をみせている。このような状況の下、アンテナ技術もその重要性は日々増している。近年、携帯端末の小型化、高機能化とともに、アンテナはこれまで長く続いてきた“ワイヤレス通信機器の付属品”という認識から一転、通信機器の“キーデバイス”の1つとして一躍注目を集めている。

携帯電話端末用アンテナは当然、小型であることが強く望まれる。しかし単に小さければよいという訳ではない。帯域や放射効率などアンテナとしての基本特性が良好であることはもちろんであるが、携帯電話特有の使用環境に適したアンテナが必要とされる。

2. 開発課題

以下に、携帯電話端末用アンテナの開発に際し、克服すべき4つの課題について説明する。

2.1 小型アンテナ

自由空間に効率良く電磁波を放射させるためには、取り扱う電磁波の波長程度の大きさのアンテナが必要である。そして、波長は周波数には反比例する。例えば、GSM方式で使用される900 MHzの電磁波の波長は330 mmである。これは現在普及している端末よりも大きい。言い換えると、端末のサイズを考えると低い周波数を使用している。現在の携帯電話通信の特徴として「低周波かつ広帯域である」ことが指摘できる。これは、小型アンテナ開発の最大の障壁である。通常、アンテナは小型化 (あるいは低周波化) するにつれ、放射特性の劣化を余儀なくされる。特に、「小型」と「広帯域」は相反する関係にある。つまり、小型アンテナ設計時の最大の関心事は「いかに帯域特性を劣化させずに小型化するか」である。

2.2 完全内蔵アンテナ

端末普及の飽和及び多様化に伴い、「デザイン」はユーザーの購買動機の上位を占める要素となっている。ホイップアンテナのような外部空間に突出したアンテナに対して、筐体内部に実装しても動作するアンテナはデザインに高い自由度を与える。またデザインだけでなく、耐衝撃性の強化、低SAR化、及び製造コストの削減など様々な観点から、端末用アンテナの完全内蔵化への要求が高まっている。

現在、完全内蔵アンテナとしてPIFAが主流である^{1)~3)}。PIFAはマイクロストリップアンテナと同様、低姿勢で動作が可能な磁流アンテナであり、空間への突出部を必要としない。しかし、PIFAは基本的に狭帯域であるため、使用帯域を確保するには、十分な空間を必要とする。一般的なPIFAの構成でGSM/DCSの使用帯域を確保するには、5000 mm³程度の空間が必要であると言われている。この空間は、基本的に他の部品を配置することができない、いわゆるデッドスペースである。小型化と同時に高画素カメラの搭載など筐体への機能の高密度化が同時に進む中、これだけ大きなデッドスペースは許容されない。

2.3 マルチバンド化

GSM方式 (900 MHz帯と1800 MHz帯のデュアル方式) の普及を機に、携帯電話のマルチバンド化は増加の一途を辿る。現在、世界規模での国際ローミングの進展、通信容量の増大、GPS (1.57 GHz) 及びBluetooth[†] (2.4 GHz帯) 等の新機能追加に伴い、広い周波数範囲で様々な組み合わせをもつマルチバンドシステムの普及が加速している。近い将来、全ての携帯端末が何らかのマルチバンド対応となることは容易に予想できる。このようなマルチバンドシステムにおいて、複数のアンテナを搭載することなく、1つのアンテナで使用する全ての周波数帯に対応できる「マルチバンドアンテナ」は紛れもなくキーデバイスである。

* 研究開発本部 環境・エネルギー研究所

[†] BluetoothはThe Bluetooth SIG Inc.の商標です

2.4 アイソレーション特性

アイソレーション特性とは、アンテナ特性が周囲の環境に対して安定しているかどうかを示す。携帯電話端末用アンテナでは、以下の2つの観点からアイソレーション特性が重要視されている。まず1つは、主回路基板とディスプレイ部からなる変形式筐体の問題である。具体的には、筐体を閉じた状態及び開いた状態の両方で同程度の通信感度を保てるかどうかである。もう1つは、通話時の手と頭部による影響に対する安定性である。つまり、筐体を手で握り、頭に近づけて使用する携帯電話特有の問題である。人体は損失性誘電体であるため、通話時に放射された電磁波の多くが人体に吸収され、放射効率が大幅に低下してしまう。現在その向上が求められている。小型アンテナの設計に際して、地板或いは筐体全体を放射源として積極的に利用するという考え方もある。しかし、このような考え方では、重要視されるアイソレーション特性を得ることはできない。

3. アンテナ設計

上記2.1から2.5の課題は、それぞれ個別に解決すればよいものではなく、全てを同時に解決する必要がある。これらは、上述のようにPIFAやその他従来型アンテナの延長線上では解決し得ない。目指したものは、携帯電話に最適な‘新規’小型アンテナである。

3.1 電磁界シミュレーション

モーメント法電磁界シミュレータ IE3D (Zeland 社製) 及び時間領域差分法シミュレータ Fidelity (同社製) を用い、電磁界シミュレーションを開発の中心と位置づけ、低コストかつ短期間でアンテナ設計及び解析を行った。

3.2 基本設計 (単周波用)

図1に開発したアンテナの模式図を示す。高誘電材料内に構成した2本の線路からなる。このように構成したアンテナをアンテナ直下のみ切欠いたL字型の地板上に配置し、2本の線路のうち一方から給電し、他方は接地する。図2に、Fidelityによる近傍電磁界解析の結果を示す。地板端とアンテナの誘電体表面の間にフリンジング電界が形成されていることが分かる。このとき形成される磁流がアンテナの主要な放射源となることが予想される。つまり、開発したアンテナはPIFAと同様完全内蔵アンテナとして動作する可能性をもつ。

さらに、このような構造をもつアンテナの小型化に関して検討を行った。図3は、シミュレーションによるPIFAと開発品の比帯域の比較を示している。開発品は基本的に広帯域であるだけでなく、小型化にも適していることが分かる。

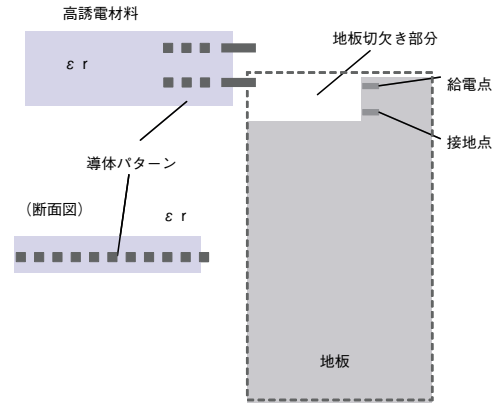
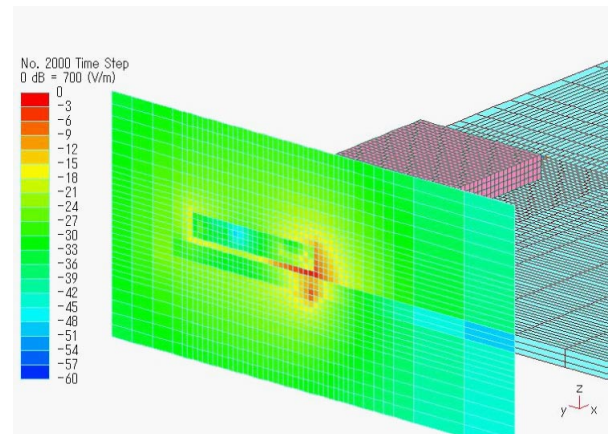
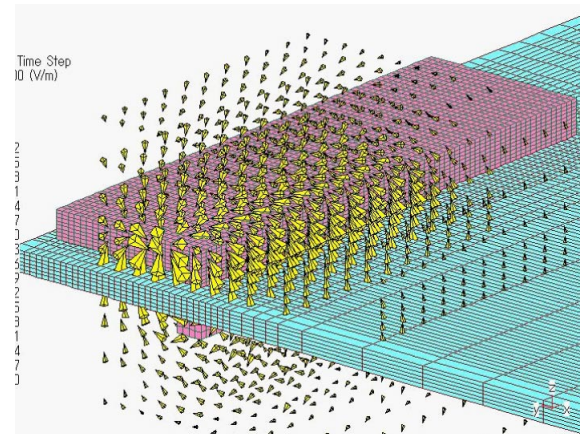


図1 開発したアンテナ構造
Structure of the developed antenna

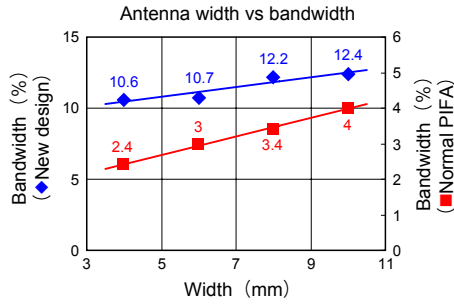


(a) 電界強度分布

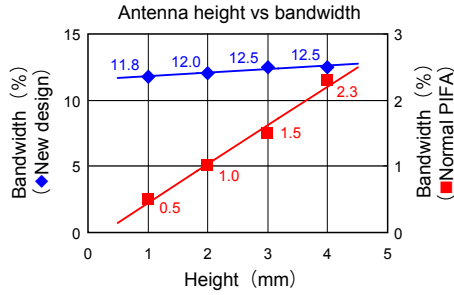


(b) 電界ベクトル分布

図2 近傍界解析 (Fidelity)
Near field analysis using Fidelity simulator



(a) アンテナ幅



(b) アンテナ高さ

図3 PIFA との帯域特性の比較
Comparisons of bandwidth properties: new-design vs PIFA

3.3 試作・評価(単周波用)

上述した構造をベースに、1.8 GHz帯 (PCS方式) で使用するアンテナの試作を行った。アンテナサイズは18 mm×6 mm×1 mmとし、誘電率5.7の樹脂材料を使用、内部の導体線路は小型化のためミランダ線路にて構成した。エッチングにより作製した導体パターンをインサート成形により樹脂で封止した。試作したアンテナは主回路基板上に表面実装可能な構造である。

試作したアンテナを実際の2つ折り型筐体に搭載し特性評価を行った。使用周波数帯として1.75～1.87 GHzを想定し、共振周波数の微調整を行った。特性評価は筐体を閉じた状態 (close)、開いた状態 (open)、及び通話時を模擬し人体ファントム (頭部と手部) を配置した状態 (phantom) の3つの場合で行った。図4は、3つの状態におけるVSWR特性を示している。3つの状態で中心周波数の変動はほとんどなく、安定した特性が得られている。図5は、中心周波数での主要放射面での放射特性を示している。

放射特性に関し、同様の評価をヘリカルアンテナ及び微小モノポールアンテナに対して行った。評価結果の比較を表1に示す。両アンテナ特性は配置する場所に大きく依存するため、表中の値は代表値として記載した。ヘリカル及び微小モノポールアンテナともclose/open間で平均利得に差異がみられる。また、phantom状態での特性の劣化は著しい。一方で、開発したアンテナでは比較的安定した特性を保持している。つまり、他のアンテナに対して良好なアイソレーション特性を有しているといえる。

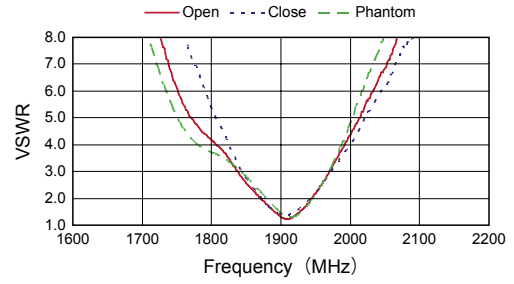


図4 実機上でのVSWR特性
VSWR on actual folder-type phones

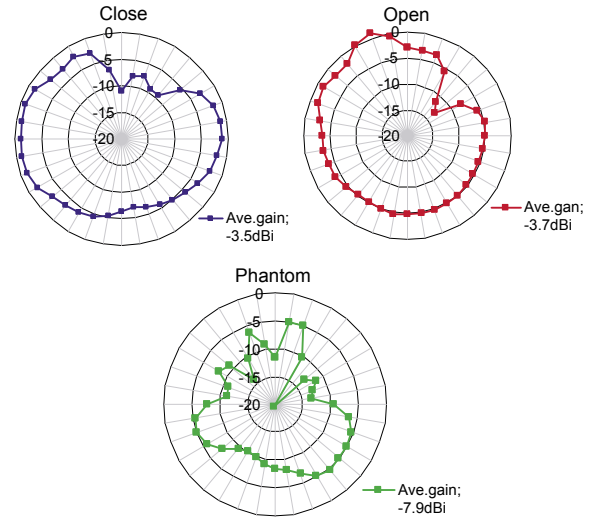


図5 実機上での放射特性
Radiation properties on actual folder-type phones

表1 実機上での放射特性比較
Comparisons radiation properties on actual folder-type phones

	Close	Open	Phantom
ヘリカル	-7	-5	-14
微小モノポール	-6	-3	-13
開発品	-3.5	-3.7	-7.9

(表中単位: dBi)

3.4 マルチバンドアンテナ

上述のように、開発したアンテナ構造は、携帯電話用アンテナとして優れた特性をもつことが分かる。さらに、このような基本構造を発展させ、マルチバンド化に取り組んだ。開発のターゲットは、GSM/DCS/PCSに対応可能なトリプルバンドアンテナである。

最小体積で、多周波化を実現する方法として、1つの電流経路に複数の共振点を設ける方法を選択した。さらに、スタック化平面アンテナの概念を導入、各共振周波数のバランスを整えると同時に、独立した周波数調整を可能にした。また、多周波共用アンテナでは、小さい体積内に複数のアンテナが存在するため、各周波数間での相互干渉が問題となる。相互干渉の問題を避けるため、シミュレーションによりアンテナ内部の近傍電磁界解析を行い、極力相互干渉を低減できる構造を模索した。小型化には、適宜高誘電樹脂材料を用いる。

図6に開発したアンテナの写真を示す。サイズは、長さ28.5 mm、幅3 mm、高さ5.5 mm (427 mm³)であり、2つ折り筐体の主回路基板を模擬した40 mm × 85 mmの特性評価基板上に実装している。アンテナ直下のみ地板を切り欠く必要があるが、それ以外の部分には基本的に他の部品を配置することができる。つまり、アンテナが必要とする空間は、アンテナ体積のみであり、これは従来型PIFAの10分の1程度である。

図7に、開発したアンテナの特性評価基板上でのVSWR特性を示す。VSWRが3以下の領域は、低周波側では876-972 MHz (10.4%)、また高周波側では1616-2003 MHz (比帯域21.4%)であり、GSM/DCS/PCSの使用帯域を満足している。また放射特性についても、実験室レベルでは両帯域内で比較的良好な放射効率が得られることを確認している。今後は、実際の携帯電話に組み込み、弱電界フィールド試験等様々な通話試験をクリアする必要がある。

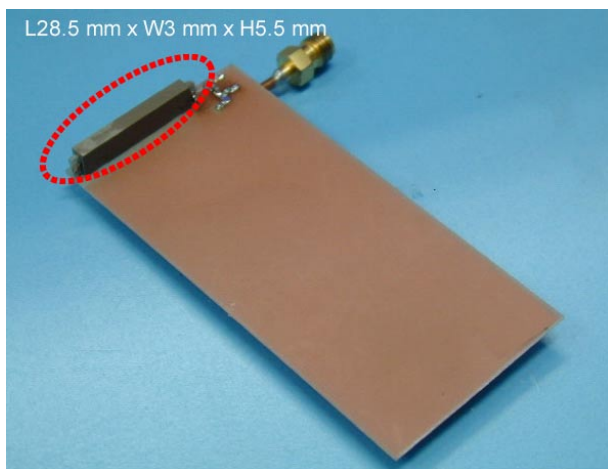


図6 開発アンテナの写真(破線内がアンテナ)
Appearance of the developed antenna

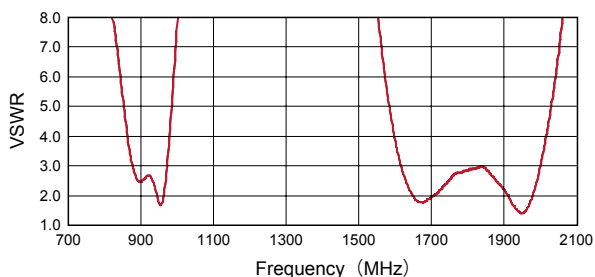


図7 GSM/DCS/PCS対応アンテナのVSWR特性
VSWR properties of a GSM/DCS/PCS compatible antenna

4. まとめ

携帯電話に最適な小型アンテナを開発した。開発したアンテナは、広帯域特性、完全内蔵性、多周波共用性、良好なアイソレーション特性を備えていることを確認した。独自開発の導体パターンと高誘電材料を用いた構造を特徴としており、GSM/DCS/PCS対応トリプルバンドアンテナを従来型PIFAの10分の1の体積で同等性能を実現した。

今後、GSM/DCS/PCS以外にも様々な周波数帯の組み合わせ

せでマルチバンド化が進む。当社では、今回開発した技術をもとに様々なシステムに対し、迅速且つ柔軟なアンテナソリューションの提供と製品ラインナップ強化を進める予定である。

参考文献

- 1) Li, Yahya Rahmat-Samii, and Teemu Kaiponen: "Bandwidth Study of a Dual Band PIFA on a Fixed Substrate for Wireless Communication," 2003 IEEE APS International Symposium, 435.
- 2) Liu Zi Dong, P.S. Hall, and D. Wake: "Dual-frequency planar inverted-F antennas," IEEE Trans. Antennas and Propagation, **45**, 1451.
- 3) J. Fuhl, P. Nowak, and E. Bonek: "Improved internal antenna for hand-held terminals," Electronics Letters, **30**, 1816.