

1つの放射エレメントで構成した携帯電話用マルチバンドアンテナ

千葉大学 伊藤 公一¹
光電子技術研究所 官 寧²・古屋 洋高³・ドゥローン ダビッド⁴・姫野 邦治⁵

A Multiband Antenna Consisting of One Element for Mobile Phone Applications

K. Ito, N. Guan, H. Furuya, D. Delaune, and K. Himeno

携帯電話においてコンパクトかつ多周波で動作するアンテナが求められている。それに加えて柔軟性、軽量、単純な構造、低コストといった側面も実際の設計では重要な要素になる。本稿では、GSM帯(880-960 MHz)、DCS帯(1710-1880 MHz)、PCS帯(1850-1990 MHz)、UMTS帯(1920-2170 MHz)の4つのバンドをカバーする新しいタイプのアンテナについて報告する。本アンテナは単純な構造を有し、ワイヤ、板金、薄いフィルムなどで作製することが可能である。試作アンテナを評価したところ、GSM/DCS/PCS/UMTS帯をカバーすることができ、各々の周波数でほぼ無指向な放射指向性が得られた。

Compactness and multiband operation are the two essential features required for antennas used for mobile phones. Apart from that, additional features such as flexibility, light weight, simple structure, and low cost are also significant elements for practical design. The current paper focuses to report a novel type antenna for GSM (880-960MHz), DCS (1710-1880 MHz), PCS (1850-1990 MHz) and UMTS (1920-2170 MHz) bands operation. This antenna can be made of a metal wire, plate or thin film. The scope of the paper allows the investigation of a prototype antenna as discussed. A fabricated antenna covers the four bands of GSM, DCS, PCS and UMTS and radiates almost omni-directional at each band.

1. ま え が き

携帯電話が広く普及している中、主要部品であるアンテナにはコンパクトかつ多周波で動作することが要求されている^{1), 2), 3)}。図1に主な携帯電話の使用周波数を示す⁴⁾。世界的には最初GSM(Global System for Mobile Communications)帯のみを使用周波数に割り当てていた。携帯電話の普及とアプリケーションの高度化による信号伝送の高速化にともない、使用する周波数帯を広げるためにDCS(Digital Cellular System)、PCS(Personal Communication System)、UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)などの帯域が順次追加され、複数の周波数が同時に使用されるようになった。このため、図示した周波数帯の多くを1つのアンテナでカバーできるアンテナが理想的なアンテナとなっている。さらに、柔軟で軽く、構造が単純でかつ低コストであることも実用的な設計を行う上で重要となってくる。

本論において、われわれはGSM/DCS/PCS/UMTS帯を同時にカバーできるアンテナを開発した。本稿で提案するアンテナはショートピン部分も含めて1本の放射

エレメントで構成されていることが特徴である。その放射エレメントを折り曲げる、いわゆるメアング構造を用いることにより、アンテナを小型化できるだけでなく、共振周波数を調整することができる。ショートピン部分にもメアング構造をとることによって、アンテナの帯域幅を広げることができる。また、本アンテナは平面構造をとるため、金属ワイヤ、金属板、フレキシブルプリント基板(FPC)などの様々な材料で作製することが可能である。

今回、われわれはこの新しいタイプのアンテナの設計について検討した。実際にアンテナを試作し特性を評価

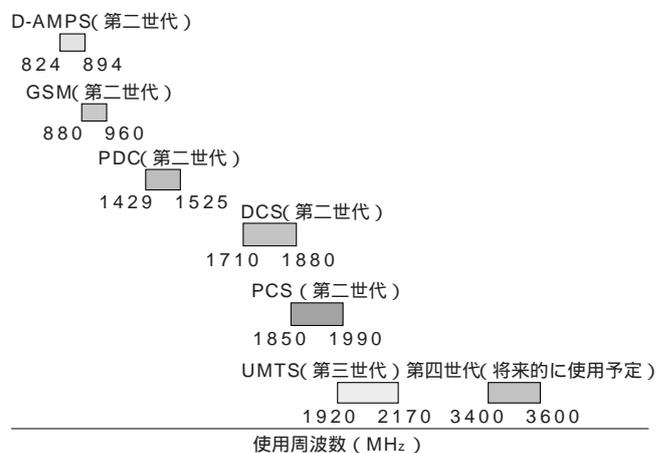


図1 主な携帯電話の使用周波数帯
Fig. 1. Band available for mobile phones.

1 工学部 メディカルシステム工学科教授(工学博士)
2 光技術研究部 主席研究員(学術博士)
3 光技術研究部
4 光技術研究部(工学博士)
5 光技術研究部長

した結果，GSM 帯，DCS 帯，PCS 帯，UMTS 帯の 4 バンドをカバーし，おのこのバンドでほぼ無指向な放射特性が得られた．さらに，本アンテナを折り曲げた場合でも入力特性とともに放射特性にも大きな影響はなく，本アンテナは折り曲げて使用可能であることが確認できた．

2. アンテナ構造と設計

従来一般的に携帯電話のアンテナとして用いられている逆 F アンテナの基本構造を図 2 に示す．アンテナは放射エレメントとショートピンおよびグランド板（以下

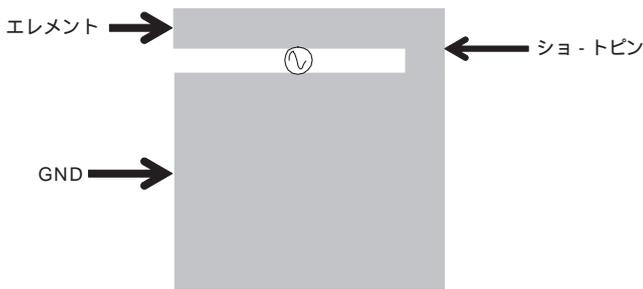


図 2 逆 F アンテナ
Fig. 2. Typical inverted F antenna.

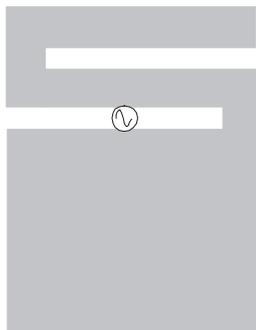


図 3 折り返し構造を持たせたアンテナ
Fig. 3. Antenna with folded element.

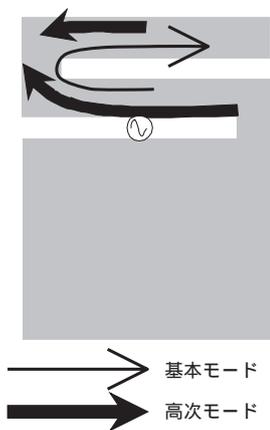


図 4 電流分布
Fig. 4. Current distribution.

GND と記す) から成り立っている．図 2 のアンテナには，放射エレメント長が 4 分の 1 波長共振となる基本モードと，4 分の 3 波長共振となる高次モードが発生する．このアンテナを多周波で動作させる場合，前述の共振モードを使う限り，エレメント長を維持したまま所望の複数の共振周波数へ調整することは困難である．

そこで，われわれは図 3 に示すようにエレメントを 1 回折り返す構造を基本構造として検討した．このようにエレメントを折り返すことでエレメント間での電磁結合が発生し，図 2 の構造では 4 分の 3 波長で共振していた高次モードの共振周波数が，大幅に低い周波数にシフトする．このときの電流の流れ方は図 4 に示す通りである．従来のアンテナでは，複数のエレメントを用いることで多周波化を実現していることが多いが，本構造を利用することで 1 本のエレメントで多周波の共振を得ることが可能となる．

本アンテナの設計に関する指針を得るべく，メアングダの位置を変えて入力特性のシミュレーションを行った．図 5 にワイヤ長がすべて同じでメアングダの位置を変えた

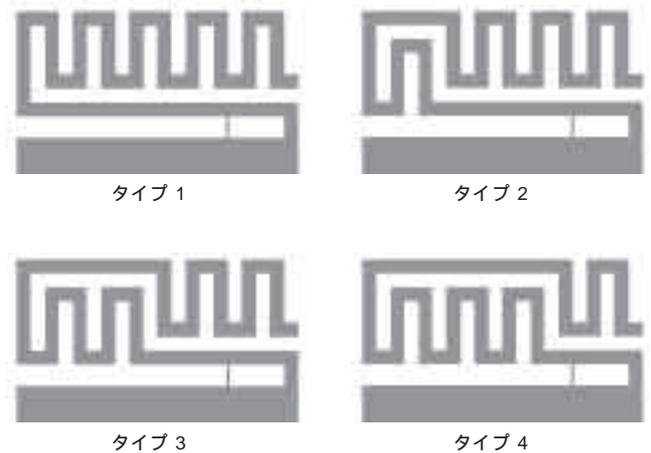


図 5 メアングダ位置を変えたアンテナ
Fig. 5. Antennas with different meandering position.

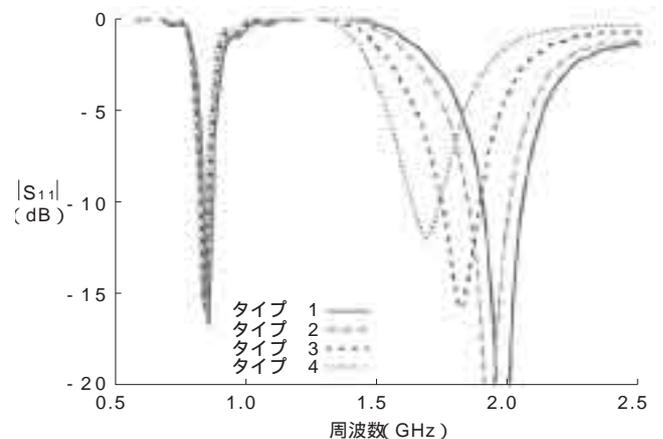


図 6 メアングダの位置を変えたアンテナの入力特性
Fig. 6. Input characteristics for antennas with different meandering position.

4つのアンテナの構造を示している．図6にそれぞれの構造に対する入力特性のシミュレーション結果を示す．基本モード（低周波側）では入力特性に大きな変化が見られないのに対して，高次モード（高周波側）ではメアングの数が下部に増えるほど，低周波側に共振をシフトすることがわかる．したがって，本アンテナではメアングの位置を変えることで，基本モードと高次モードの共振周波数の間隔を変えることができることがわかった．図7にショートピン部分を変えた2つのアンテナを示し，図8に対応する入力特性のシミュレーション結果を示す．図に示すようにショートピン部分にメアング構造を設けることで，高次モードの帯域幅を拡大することができることがわかった．

以上の点を考慮に入れて設計した多周波対応のアンテナ構造を図9に示す．アンテナは平面構造をとり，放射エレメントはまずGNDの側面と平行に置かれ，1回大きく折り返した構造となっている．アンテナの大きさは $15 \times 40 \text{ mm}^2$ である．ワイヤを折り返すことで，高次モードの共振周波数を低周波側へシフトさせることができる．また，前項で得た指針をもとに，ワイヤの途中にメアング構造を用いることでアンテナの小型化をはかり，また，ショートピン部分にメアング構造を適用することで帯域幅の拡大をはかっている．

携帯電話用アンテナの場合，筐体に対する投影面積が小さい方が携帯電話の小型化に有利である．このため，

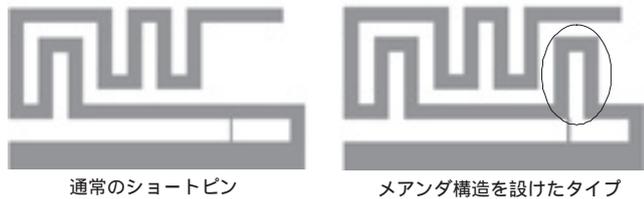


図7 ショートピンを変えたアンテナ

Fig. 7. Antennas with different short-pin structure.

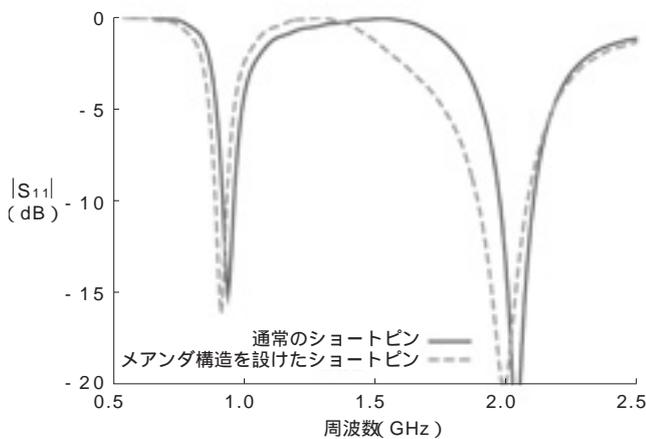


図8 異なるショートピン構造を持つアンテナの入力特性

Fig. 8. Input characteristics for antennas with different short-pin structure.

しばしば平面状のパターンを有するアンテナを折り曲げて実装される．図10は図9に示したアンテナをコの字に折り曲げた構造である．折り曲げることで体積は $5 \times 5 \times 40 \text{ mm}^3$ となっている．そのときの入力特性のシミュレーション結果を図11に示す．図示のようにアンテナを折り曲げても入力特性が大きく変化していないことがわかる．また，放射特性も無指向性が保たれることが確認されている．

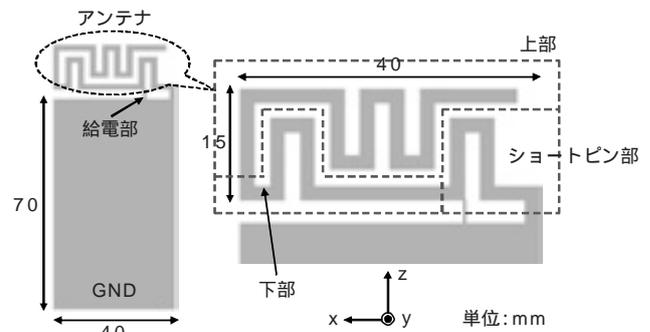


図9 アンテナ構造

Fig. 9. Antenna configuration.

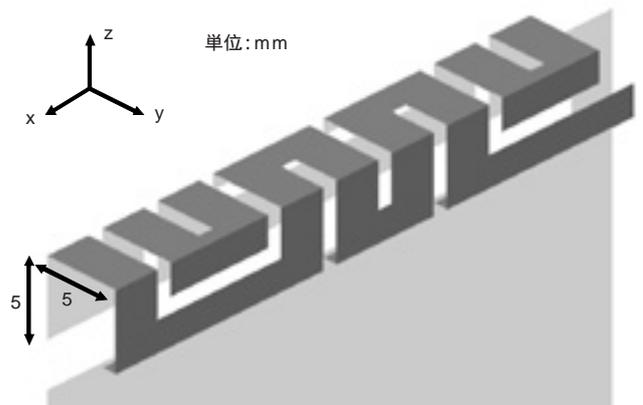


図10 折り曲げたアンテナ

Fig. 10. Folded antenna.

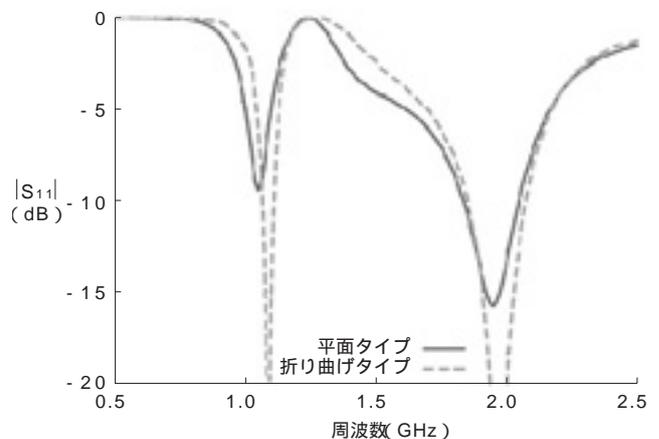


図11 平面構造と折り曲げ構造アンテナの入力特性

Fig. 11. Input characteristics for planar and folded antennas.

3. アンテナ試作結果

図12に 1.3 mm のワイヤで試作したアンテナの写真を示す．図13に試作アンテナの入力特性の測定結果をシミュレーション結果とともに示す．シミュレーションには MW-Poynting™ を使用した．VSWR 3.5 ($S_{11} = -5.1$ dB) を基準にすると、4つのバンド

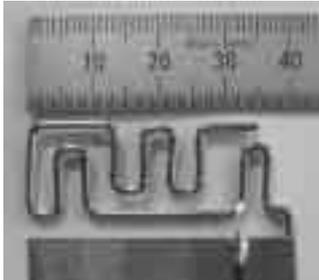


図12 試作アンテナ
Fig. 12. Fabricated antenna.

(GSM/DCS/PCS/UMTS) をカバーしていることがわかる．図14に920 MHzでの放射指向性を示す．xy面においてほぼ無指向な放射パターンが得られている．また、他の周波数でも同様な指向性が得られている⁵⁾．実験におけるxy面での平均利得は0.2 dBi (920 MHz), 0.1 dBi (1795 MHz), 0.6 dBi (1920 MHz), 0.4 dBi (2045 MHz) となつて良好であった．

図15に図10で示した折り曲げたタイプのアンテナに関する入力特性の測定結果を平面タイプの測定結果とともに示す．折り曲げた場合は高周波側の帯域幅が狭くなっているが、ショートピン部分を工夫し給電位置を検討することで、帯域幅を拡大することができると思われる．また、折り曲げたタイプのアンテナの920 MHzにおける放射指向性を図16に示す．この結果から、折り曲げて xy 面ではほぼ無指向な放射指向性が得られている．また、平面タイプのアンテナと同様に他の周波数帯でも同様な指向性が得られている⁵⁾．このときの平均利得は1.8 dBi (920 MHz), 0 dBi (1795 MHz), 0.6 dBi

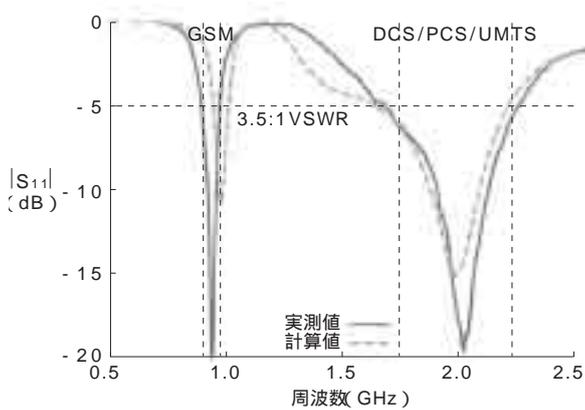


図13 試作アンテナの入力特性
Fig. 13. Input characteristics for fabricated antenna.

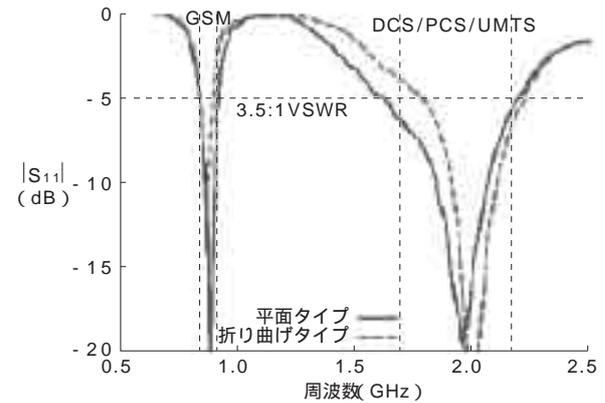


図15 折り曲げたアンテナの入力特性
Fig. 15. Input characteristics for folded antenna.

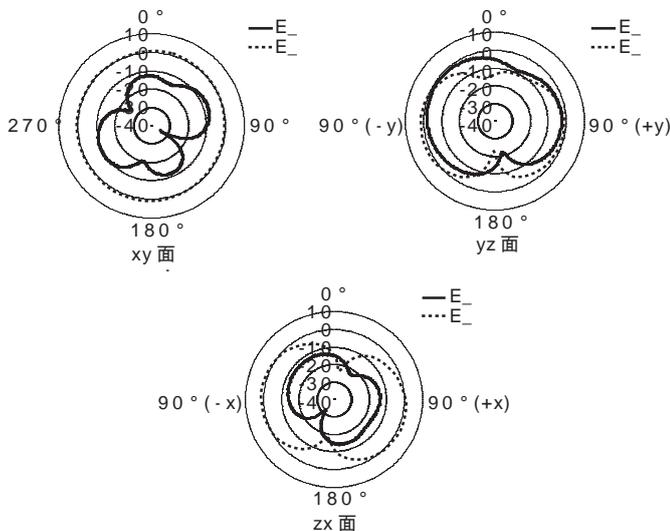


図14 平面構造アンテナの920 MHzにおける放射特性
Fig. 14. Radiation patterns at 920 MHz for planar antenna.

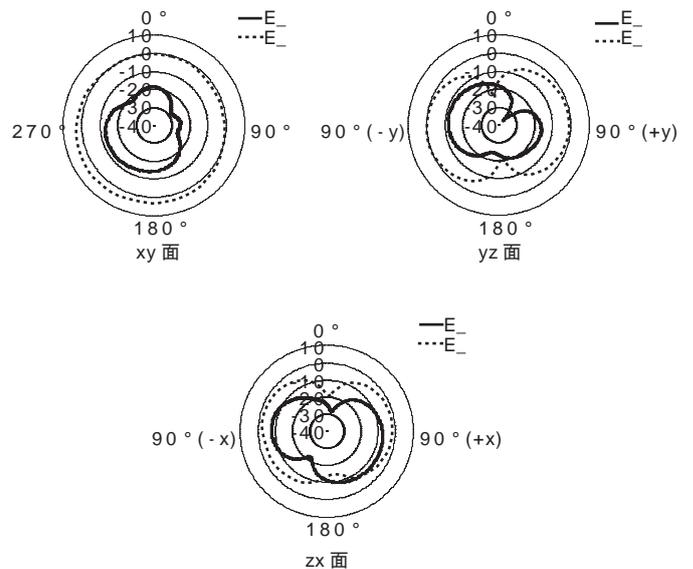


図16 折り曲げたアンテナの920 MHzにおける放射特性
Fig. 16. Radiation patterns at 920 MHz for folded antenna.

(1920 MHz), 0.6 dBi (2045 MHz) とすべての周波数にて 0 dBi 以上であり, 平均利得の面でも良好な結果が得られた.

4. お 結 語

1本の放射エレメントで構成される, 平面構造およびそれを折り曲げた構造をもつ携帯電話用ワイヤアンテナを開発し, GSM/DCS/PCS/UMTS をカバーする特性を得た. 本アンテナは GND 板が伸長する方向と垂直な面においてほぼ無指向な放射指向性を示し, 各帯域において 0 dBi 以上の平均利得を得ることができた. 本アンテナはワイヤや FPC などの薄い平板を用いて作製が可能である. 良好な特性とともに安価に作製可能という実用

性をあわせもつため, 多機能携帯電話の小型化に貢献することが期待される.

参 考 文 献

- 1) K-L. Wong : Planar Antennas for Wireless Communications, John Wiley & Sons, New Jersey, 2003
- 2) H-J. Lee, et al. : 2007 IEEE Int. Symp. AP-S, Hawaii, pp. 2045-2048, 2007
- 3) M. Tzrtzakakis, et al. : IEEE Trans. Antennas Propaga, pp. 2097-2103, 2007
- 4) <http://www.tele.soumu.go.jp/j/freq/index.htm>
- 5) N. Guan, et al : 2008 IEEE Int, Symp. AP-S, San Diego, 2008