

## 多偏波・周波数共用全方向性アンテナ

松永 真由美<sup>†</sup> 掛水 健司<sup>†</sup> マッシモ カンドッティ<sup>†</sup> 松永 利明<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 愛媛大学大学院理工学研究科 〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3

<sup>‡</sup> 福岡工業大学情報工学部情報通信工学科 〒811-0295 福岡市東区和白東 3-30-1

E-mail: <sup>†</sup> mmayumi@ehime-u.ac.jp, <sup>‡</sup> matunaga@fit.ac.jp

あらまし 多機能移動体無線通信端末であるスマートフォンやタブレット PC の開発において最も苦慮する問題の一つは、様々な通信に対応したアンテナの内蔵方法であるといえる。これらの多機能通信端末の多くは、GSM や UMTS などの携帯電話バンドだけでなく、GPS や Wi-Fi、Bluetooth、RFID などにも対応することへの需要が高まっている。しかしながら、偏波の違いや周波数の違いから内蔵すべきアンテナの数は増え、その一方で、複数のアンテナを近接配置することで生じる干渉はアンテナの特性を急激に劣化させる。このような問題を解決する方法としては、周波数や偏波を共用するアンテナを採用することである。そこで、本論文では、偏波かつ周波数が共用出来るアンテナを提案する。本アンテナは、一層平面構造でありながら携帯電話(1.5 GHz)および ISM バンド(2.45 GHz)においてそれぞれ直線偏波および円偏波特性を同時に送受信できるアンテナである。

キーワード 偏波共用, 周波数共用, 全方向性アンテナ, 平面アンテナ, 円偏波, ISM バンド, RFID, 携帯電話

## A Omni-directional Multi-Polarization and Multi-Frequency Antenna

Mayumi MATSUNAGA<sup>†</sup> Kenji KAKEMIZU<sup>†</sup> Massimo CANDOTTI<sup>†</sup> and Toshiaki MATSUNAGA<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Ehime University 3 Bunkyo-cho, Matsuyama, Ehime 790-8577 Japan

<sup>‡</sup> Fukuoka Institute of Technology 3-30-1 Wajiro-Higashi, Higashi-ku, Fukuoka 811-0295 Japan

E-mail: <sup>†</sup> mmayumi@ehime-u.ac.jp, <sup>‡</sup> matunaga@fit.ac.jp

**Abstract** One of the challenges in mobile device design is the antenna integration within the hand-set or portable communication device in general. Current applications make use of various services available on different frequency bands, i.e. GPS, mobile phone bands (GSM, UMTS), ISM (WIFI, bluetooth, RFID), etc.. Willing to integrate different applications requires various antennas often operating at distinct polarization modes as well. Integrating two or more antennas proves difficult as they are likely going to couple to each other causing degradation of received/transmitted signals. This research introduces a novel antenna concept design which shows multi-polarization and multi-frequency operation at UMTS-TDD (1.5 GHz in Japan) and ISM (2.45 GHz) bands in linear and circular polarization modes respectively. Software simulations and experimental measurements are compared.

**Keyword** omni-directional antenna; multi-polarization; multi-frequency; planar antenna; ISM bands; RFID; mobile phone.

### 1. はじめに

昨今の急激な多機能無線通信携帯端末の普及に伴い、これらの携帯端末で利用可能な通信方式は増大しており、今後も多くが求められることは必至である。これらの複数の通信方式をカバーするには、様々な周波数帯だけではなく、偏波の違う電波も送受信できなければならない。しかしながら、従来の技術では簡便な構造で偏波が共用出来るアンテナはほとんどなく、結果的に複数のアンテナを端末内に配置する必要があった[1] - [3]。また、複数のアンテナを携帯端末のような狭い空間に近接して配置することは、アンテナの性

能劣化を生じ、つまり、アンテナの配置が多機能無線端末の設計において最も重大かつ深刻な課題であるといえる。本研究では、このような課題の解決策として、偏波や周波数が共用でき携帯端末内に容易に配置できるアンテナを提案する。

ここで提案するアンテナは、一層構造で構成でき、1 ポート給電で、円偏波と直線偏波の両方を同時に2つの周波数で送受信できるアンテナである。本アンテナは、著者らによって発明されたクロススパイラルアンテナ(CSA)を発展させたものである。なお、CSA は、ループおよびスパイラルアンテナを外形が十字形状に

なるように巻くことで円偏波をほぼ全方向に放射させることができるアンテナである[4] - [6]。

本論文では、偏波共用 CSA の応用例として、第 3.9 世代の通信方式である LTE(Long Term Evolution)バンド(1.5GHz)と、ISM バンド(2.45GHz)においてそれぞれ直線偏波および円偏波を同時に放射するアンテナを紹介する。なお、本論文においては、数値解析シミュレーションおよび試作アンテナを用いた実験結果を比較検討している。

## 2. アンテナの構造

次に、偏波共用 CSA の構造について説明する。図 1 にアンテナの構造図を示している。このように、CSA は、外形が十字形状になるように巻いた、ループおよびスパイラルアンテナで構成される。給電は、最も中心部に巻いたループアンテナに設置された 1 ポートの給電点で行う。このように CSA は、印刷技術などにより低コストで大量生産が可能な一層構造のアンテナである。

では、円偏波と直線偏波を同時に放射することができる原理も含め、より詳細にアンテナの構造について説明する。本アンテナは、円偏波と直線偏波を 2 つの周波数で同時に放射するようにするために、ループアンテナとスパイラルアンテナからなる中心部分と、この中心部分から一端切り離されたスパイラルアンテナからなる外側部分の 2 つの部分からなる。

まず、中心部分は、一巻きのループアンテナと図中点 A でこのループアンテナと接続されたスパイラルアンテナからなる。給電部分は、ループアンテナ上に小間隙を介して給電点を配置している。この中心部分は、主に、円偏波を放射する際に重要な要素と考えられる。したがって、図中の  $L_2$  は円偏波で使用する周波数の 1/4 波長以下に設定する。

次に、外側部分は、内側部分とは、点 B において一端切り離され、新たに点 C から巻きはじめ、点 D で巻き終わる開放型のスパイラルアンテナで構成される。この部分は主に、直線偏波を放射する際に重要な要素と考えられる。したがって、図中の  $L_1$  は、直線偏波で使用する周波数の 1/4 波長以下に設定する。

なお、点 BC 間のギャップは、周波数の違いによる結合の有無を利用して、結合度が低い高い周波数では、中心部分のみがアンテナとして動作し、結合度が高い低い周波数では外側部分も含めたアンテナが動作することで、二つの周波数で二つの偏波を同時に放射することができると考えている。

アンテナの各寸法は、比誘電率が  $\epsilon_r = 4.3$  で誘電正接が  $\tan \delta = 0.018$ 、1mm 厚の FR4 プリント基板を用いて試作することを想定し、1.5GHz で直線偏波、2.45GHz

で円偏波を放射するように決定した。次章では、 $L_1=39.0\text{mm}$ 、 $L_2=17.5\text{mm}$ 、 $w=1.0\text{mm}$  及び  $d=0.5\text{mm}$  としして試作したアンテナを用いて、様々な特性を示す。

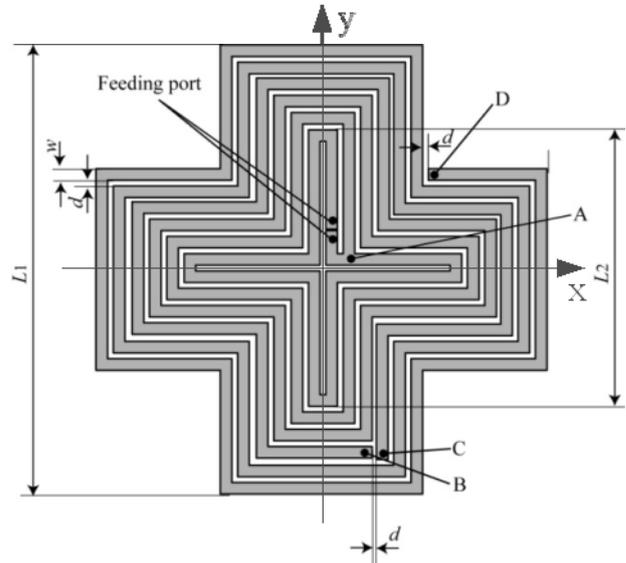


図 1 偏波共用 CSA の構造

Fig. 1 Drawing of the CSA design.

## 3. アンテナの特性

ここでは、アンテナのリターンロス特性、放射特性、偏波特性を電磁界シミュレータ SONNET[7]を用いた数値解析結果と試作アンテナを用いた実測値とを比較しながら紹介する。

図 2 は試作 CSA のリターンロスの測定値とシミュレーション結果の比較図である。所望の 1.5GHz および 2.45GHz において約 -10dB もしくはそれ以下のリターンロスが得られている。実測値とシミュレーション値には多少の誤差が見られるが、これは、給電する際に用いたコネクタの影響や、FR4 基板の誘電率などの特性がシミュレーションに用いた公称値とずれていたことなどが要因と考えている。

次に、放射特性について図 3 及び 4 に示す。なお、ここで示す放射特性は、図 1 の様に x および y 軸を、また、アンテナの中心部分の法線方向に +z 軸をとり、x-y 平面を含む面を  $\phi = 90^\circ$  カット面とし、仰角  $-90^\circ$  から  $90^\circ$  のアンテナパターンである。図 3 は、1.5GHz における主偏波及び交差偏波の  $\phi = 90^\circ$  カット面上のアンテナパターンである。測定結果における交差偏波には、測定環境下にある反射物などが原因のリプルが見られるものの、測定結果とシミュレーション結果は良く一致しており、良好な直線偏波特性が得られている。また、主偏波は非常に広いビーム幅を有しており、ほぼ全方向性のアンテナであることが分かる。図 4 は、2.45GHz

における右旋偏波および左旋偏波の $\phi=90^\circ$ カット面上のアンテナパターンである。先ほどの結果と同様に、若干のリプルは見られるものの、測定結果とシミュレーション結果は非常によく一致しておる。また、右旋成分と左旋成分はよく分離できており、右旋成分のビーム幅は約 $130^\circ$ と大変広いことが分かる。

最後に、円偏波特性の軸比の結果を図5に示す。測定結果とシミュレーション結果より、アンテナの正面方向約 $60^\circ$ 内において、 $\phi=0^\circ$ 及び $90^\circ$ カット面のどちらにおいても軸比 $5\text{dB}$ 以下を達成していることが分かる。また、測定結果では、 $3\text{dB}$ を達成している方向もあり、 $\phi=0^\circ$ カット面では、非常に広い角度範囲で良好でフラットな軸比が得られている。

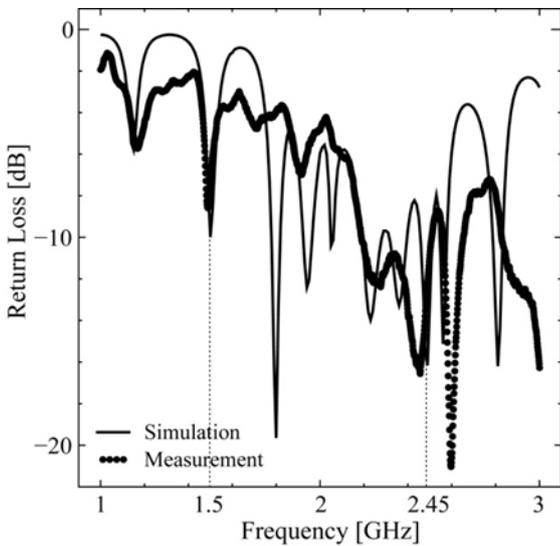


図2 CSAのリターンロス特性  
 Fig. 2 CSA simulated and measured return loss.

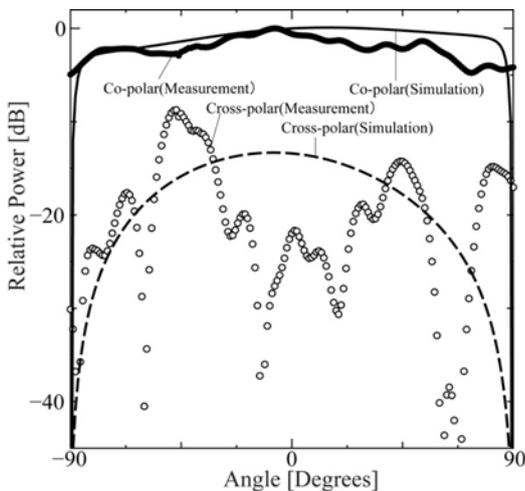


図3  $\phi=90^\circ$ 面の放射特性(1.5GHz)  
 Fig. 3  $\phi=90^\circ$  cut. Intensity distribution at 1.5 GHz, LP mode.

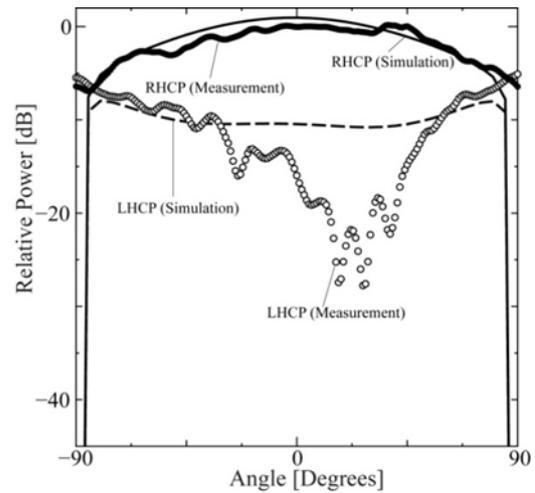


図4  $\phi=90^\circ$ 面の放射特性(2.45GHz)  
 Fig. 4  $\phi=90^\circ$  cut. Intensity distribution at 2.45 GHz, CP mode.

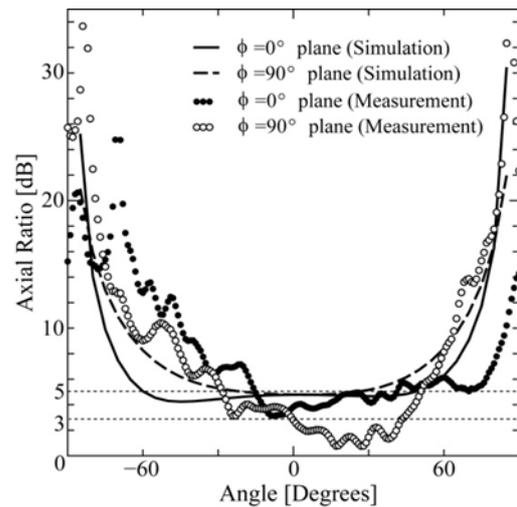


図5 2.45GHzにおける円偏波軸比  
 Fig. 5 AR at 2.45 GHz, CP mode.

#### 4. まとめ

1ポート給電で円偏波と直線偏波を2つの周波数でそれぞれ放射する、一層平面構造の偏波および周波数共用アンテナを紹介した。試作アンテナを用いた実験およびシミュレーション結果は、リターンロスおよび放射特性ともに非常に良く一致していた。また、 $2.45\text{GHz}$ において、正面方向 $60^\circ$ の範囲で軸比 $5\text{dB}$ 以下となる円偏波特性を有し、 $1.5\text{GHz}$ においては、交差偏波が $-17\text{dB}$ 以下となる直線偏波特性を有するアンテナであることがわかった。それぞれの周波数においてビーム幅は、右旋偏波は約 $130^\circ$ 、主偏波はほぼ全方向と大変広い事がわかった。

## 謝 辞

本研究の一部は、科学研究費補助金「若手研究(A)」  
(21686035) の助成により行った。

## 文 献

- [1] 塚本活也, 新井宏之, “平面型偏波共用アレーアンテナの特性,” 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J79-B2, No.8, pp.476-485, 1996
- [2] 羽石操, 今野恵, 矢作潤一, “ドッグボーンスロットにより励振される偏波共用平面アンテナ,” 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J85-B, No.6, pp.953-961, 2002
- [3] A. Nestic, V. Brankovic and I. Radnovic, “New Circularly Polarized Planar Printed Antenna with Conical Radiation Pattern,” Proc. Of IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, pp. 1438-1441, vol. 3, 1998.
- [4] 松永真由美, 松永利明, “全方向性UHF帯アンテナ,” 信学技法, SPS2008-16, pp.23-26, 2009
- [5] M. Matsunaga, T. Matsuoka and T. Matsunaga, “A Suggested Shape of Spirals for Expanding the Half-Power Beamwidths of UHF Band RFID's Planar Spiral Antennae,” Proc. of International Symposium on Antennas and Propagation, pp. 1422-1425, Oct. 2008.
- [6] M. Matsunaga, T. Matsunaga, “A New Design of Circular Polarized Planar Antennae,” Proc. of 2010 International Conference on Broadband, Wireless Computing, Communication and Applications (Fukuoka, Japan), pp.612-615, 2010.
- [7] “Sonnet 10.52,” Sonnet Softw. Inc., North Syracuse, NY, 2005.