

ループアンテナ小型化におけるクロスループ形状の有効性

松永 真由美[†] 松永 利明[‡]

[†] 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

[‡] 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: [†] mmayumi@ehime-u.ac.jp, [‡] matunaga@fit.ac.jp

あらまし 著者らの提案している、クロス形状のループ/スパイラルアンテナの有効性について検討する。歴史的に様々な形状が提案され、また、その優位性が他形状のアンテナに比べ議論され続けてきたループアンテナの新たな形状の提案としてクロス形状のループもしくはスパイラルアンテナ（クロススパイラルアンテナ：CSA）を行っている。これまでも、CSA の応用例として、円偏波アンテナや、偏波共用アンテナを提案してきた。本論文では、基本に戻り、ループアンテナをクロス形状にすることで、特性がどのように変化するかを検討する。これにより、ループアンテナの小型化に関する検討も行った。

キーワード ループアンテナ、スパイラルアンテナ、クロス形状、インピーダンス、小型化

A Study of the effectiveness of the Cross Shape for Loop Antennas

Mayumi MATSUNAGA[†] and Toshiaki MATSUNAGA[‡]

[†] Ehime University 3 Bunkyo-cho, Matsuyama, Ehime 790-8577 Japan

[‡] Fukuoka Institute of Technology 3-30-1 Wajiro-Higashi, Higashi-ku, Fukuoka 811-0295 Japan

E-mail: [†] mmayumi@ehime-u.ac.jp, [‡] matunaga@fit.ac.jp

Abstract The effectiveness of the cross shaped loop/spiral antennas which are invented by the authors is studied. There have been many studies about loop antennas in terms of shapes and characteristic for a long time. In this paper, the cross shaped loop/spiral (CSA) is proposed as a new shape of the loop antennas. We have already presented many practical application of the CSA such as a circularly polarized antenna and multi-polarized antenna. For understanding the mechanism and getting more practical usage of the CSA, parametric studies of the simplest structure of the CSA have been done. By using the results of these parametric studies, a way for downsizing the CSA is suggested.

Keyword Loop Antennas, Spiral Antennas, Cross shape, Impedance Characteristics, Downsizing

1. はじめに

ループアンテナの歴史は長く、様々な研究者らによってその基礎的考察がなされている[1] - [3]。また、その形状についても円、矩形、三角や菱形そして折り返しダイポールなど様々に提案されており、幅広く実用化されている。

ループアンテナの新たな形状として、クロス型の提案を著者らは行っている。これまでに、クロス形状の特性を生かして、円偏波ループアンテナ[4]や、円偏波と直線偏波を共用できる偏波共用アンテナ[5]などの提案を行ってきた。さらに、ループアンテナの利点の一つである外部給電可能という特性を生かし、ダイポールアンテナでループアンテナを給電する手法を提案し、3周波で円と直線偏波を共用できる平面型のアンテナの提案を行った[6]。

本論文では、クロスループアンテナの有効性を示し、応用分野を広げるために、その特性について最も単純な構造を用いたパラメトリックな検討を通じて議論する。まず、ループ形状をクロス型にすることで、インピーダンスがどのように変化するかを一巻きのループ形状の CSA と矩形ループを比較検討する。さらに、前述の様なパラメトリックな検討結果より見いだされたインピーダンス制御を応用して、小型化に関する検討を行った。

2. インピーダンス特性

2.1. 矩形ループアンテナ

本章では、ループアンテナの給電部のインピーダンスについて検討する。アンテナの給電方法として、同

軸線路を用いる事が多くなった。つまりアンテナの給電部のインピーダンスも 50Ω に近い方が、給電効率は良くなる。しかし、ループアンテナの多くは比較的インピーダンスが高くなることが知られている。

例えば、図1のような矩形ループアンテナのインピーダンス特性を、リターンロス値を用いて表してみると、図2のようになる。Ls1 と Ls2 の長さが等しい、正方形ループアンテナの場合を図2に実線で示しているが、インピーダンスが 135Ω 程度と高いために、リターンロス値もアンテナとしては基準を満たさない 10dB 以下となる。このような矩形ループアンテナは、インピーダンスの調整法として、ループ長は変えずに Ls1 と Ls2 の長さの比を変える方法が知られている。

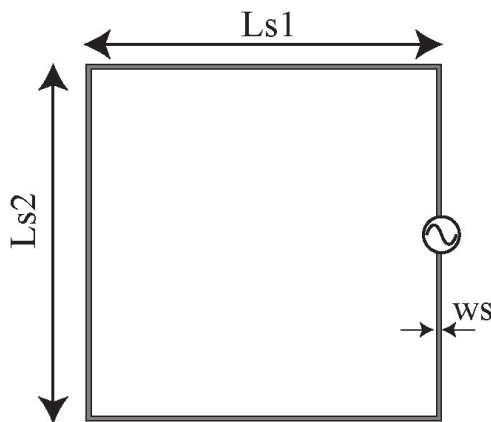


図1 矩形ループアンテナ
Fig. 1 A square loop antenna.

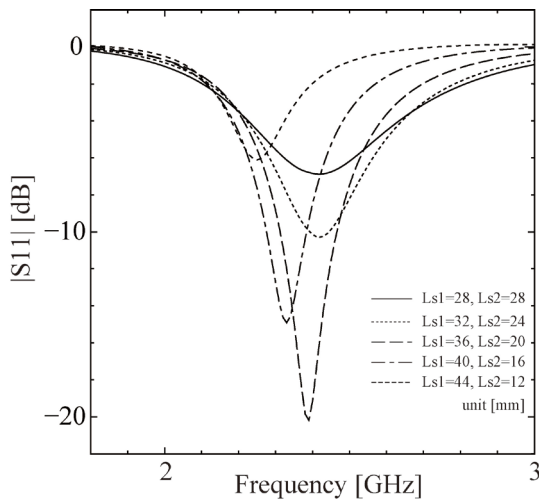


図2 矩形ループアンテナの各辺の寸法を変えた場合のリターンロス特性
Fig. 2 Return loss characteristics of the square loop antenna for various length of Ls1 and Ls2.

そこで、Ls1 と Ls2 の長さを変化させてインピーダンスを求め、図2の点線や破線、一点鎖線で示した。

結果からも分かるように、 $Ls2/Ls1=0.5$ に近くなるに従って、インピーダンスも 50Ω 程度と低くなり、その結果、給電部でのリターンロスも 10dB 以上と良好な値になる。この場合、ループアンテナの特徴の一つとして知られているとおり、リターンロス値が 10dB 以上となる帯域幅もパッチアンテナなどに比べ広い事がわかる。しかし、この様にリターンロス特性が良好になる寸法は限られ、それ以外では、リターンロス値が基準値を下回ってしまうことがわかる。なお、図2の解析結果は、ループを構成する線路の幅 w_s を 1mm とし、その他の寸法は、図2の凡例に明示した寸法とした場合である。

このように、矩形ループアンテナは、給電部のインピーダンスを 50Ω などの値に調整する為には、その外形形状も変化してしまう。したがって、例えば、アンテナを設置する面積が限られる、小型携帯端末への内蔵アンテナとして応用する場合は困難であることが分かる。

2.2. クロスループアンテナ

では、次に、著者らが発明したクロス形状のループアンテナ（クロスループ/スパイラルアンテナ：CSA）についても同様にインピーダンス特性を考察してみる。

図3は、CSAを一巻きで構成した、最も単純な構造を示している。図の様に十字形状をなぞるように一巻きでループを形成し、上下左右の突き出し部分のサイズを $s1 \times A$ としている。また、給電部は、図のような位置に設置した。

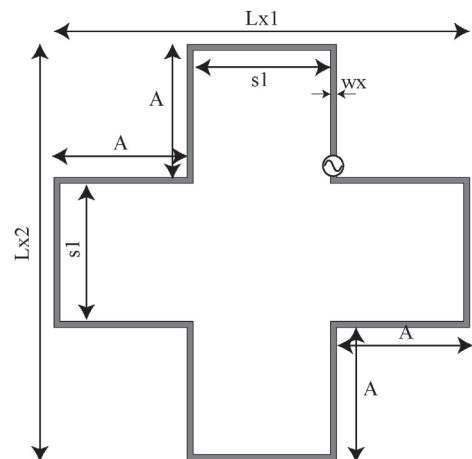


図3 クロスループアンテナ
Fig. 3 A cross shaped loop antenna.

まず、リターンロスが良好になる周波数と、アンテナの外形寸法 $Lx1 \times Lx2$ が、図1に示す矩形ループアンテナと同じになるように設計した。その結果、 $w_x=0.4\text{mm}$ 、 $A=12\text{mm}$ 、 $s1=4\text{mm}$ の場合、図1の矩形

ループアンテナと同様に 2.4GHz でリターンロスが最大になり、外形寸法が 28 mm 四方となった。

このように、クロス形状とすることで、全く同じ外形寸法でありながら、インピーダンスを 50Ω 付近まで下げることができ、その結果、リターンロス値を 25dB 付近まで調整することが出来たといえる。

次に、クロスループを構成する突出部分の寸法を変えた場合のインピーダンス特性を図 4 に示す。このように、アンテナの外形サイズは同じであるが、突出部のサイズを変えるだけでインピーダンスの調整が可能であることがわかる。

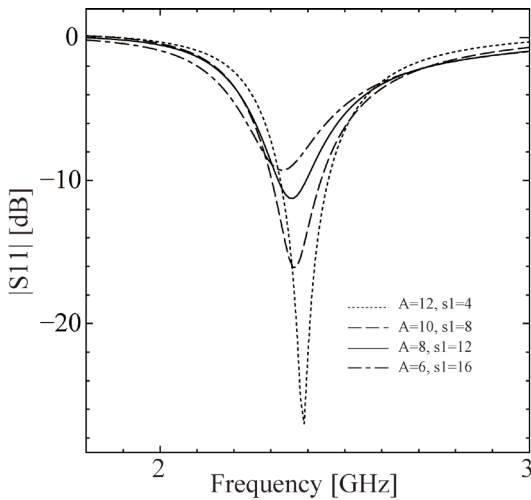


図 4 クロスループアンテナのリターンロス特性
Fig. 4 Return loss characteristics of the cross shaped loop antenna

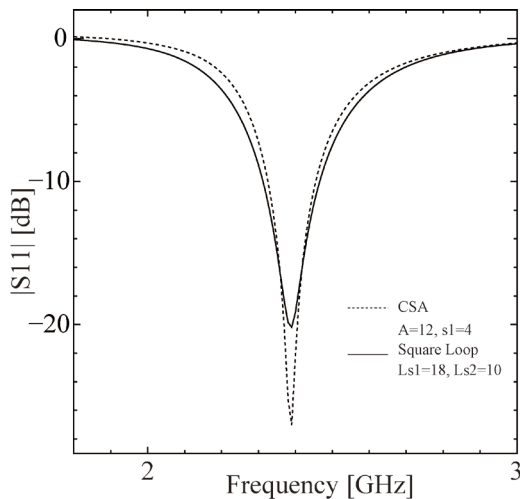


図 5 CSA と矩形ループアンテナのリターンロス特性の比較
Fig. 5 The comparison of the return loss characteristics between the CSA and the square loop antenna.

図 5 は、図 1 の矩形ループアンテナと、図 3 のクロスループアンテナのリターンロス特性の比較結果である。それぞれ、図 2 の実線と図 4 の点線で示した結果を比較している。

図 5 の結果より、外形寸法そのままにインピーダンス調整が可能であるだけでなく、10dB 帯域幅についても、ループアンテナの特徴である、広さを保ったままであることが分かる。

3. 小型化の検討

上記のように、クロスループアンテナは、アンテナの外形寸法や形状を変えることなく、インピーダンス調整が可能で、しかも、どのような寸法であれ、クロス形状を構成するだけで、50Ω 近くにまでインピーダンスを低下させる事が分かった。この結果を応用して、CSA の小型化を本章では試みる。

図 6 は、CSA 構造を応用した小型化例を示している。図の中心部分には、前述した図 3 と同様なクロスループアンテナを配置している。クロスループアンテナは、50Ω へのインピーダンス調整は容易であるが、そのままでは小型化ができない、そこで、中央の CSA の周囲に別の CSA を構成した。なお、外周の CSA と内部の CSA は接続するように構成している。このような構成にすることで、給電部のインピーダンスは二つの CSA のインピーダンスの合成となり、内部と外部のそれぞれの CSA のサイズを変更しながら所望のインピーダンスへと調整が可能となる。

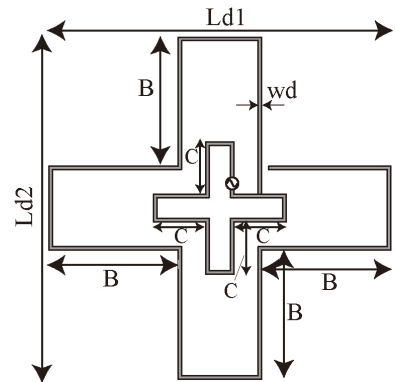


図 6 CSA の小型化応用構造
Fig. 6 An applied arrangement of CSA for downsizing.

図 7 は、 $Ld1=Ld2=19.6$ mm、 $B=7.4$ mm、 $C=3.0$ mm、 $wd=0.2$ mm とした場合の、図 6 に示した CSA のリターンロス特性である。外形寸法で比較すると、一辺の長さが、約 30% 小さくなり、面積も約 51% の小型化が実現していることが分かる。リターンロスの最大値も、22dB 程度と大変良好である。10dB 帯域幅は、若干狭

くなっている。

このように、CSA 同士の組み合わせにより、インピーダンス調整が容易であり、結果的に、小型化設計が可能であることが分かった。また、図 6 の様な構造は、円偏波 CSA [4] の基本構造であり、放射特性を制御することも可能であることが分かっている。

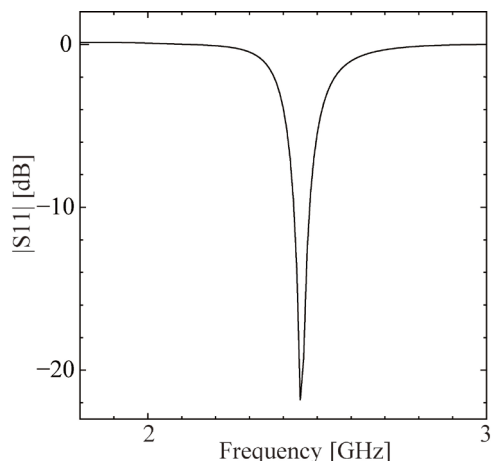


図 7 小型化 CSA 構造のリターンロス特性

Fig. 7 The return loss characteristics of the applied arrangement of CSA for downsizing.

4. まとめ

クロス構造のループアンテナ (CSA) は、外形寸法を変えなくても、インピーダンス調整が可能であり、また、クロス形状とするだけで、寸法にはあまり関わらず、 $50\ \Omega$ 程度のインピーダンスに調整可能であることがわかった。また、外形寸法を変えずにインピーダンス調整ができるため、CSA の外側に更に CSA を重ねても、インピーダンスの調整が可能で、CSA の組み合わせにより、更なるインピーダンスの調整が可能となり、結果的に、小型化につながる事がわかった。

本論文では、インピーダンス特性に注目し、クロス形状のループアンテナの特性を考察したが、放射特性についても検討中である。

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] 築地武彦, “ループアンテナ,” 電波・アンテナ工学入門, 12 章, 総合電子出版社, 2005.
- [2] C. A. Balanis, “Loop Antennas,” *Antenna Theory: Analysis and Design* 3rd ed., Chapter 5, Wiley, Newyork, 2005.
- [3] 虫明康人, “折返しアンテナ,” *アンテナ・電波伝搬*, p50-54, コロナ社, 2002.
- [4] 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.

- [5] Mayumi Matsunaga, Kenji Kakemizu and Toshiaki Matsunaga, “A cross shaped spiral antenna radiating omnidirectional circularly and linearly polarized waves”, *IEICE Electron. Express*, Vol. 9, No. 4, pp.256-262, March, 2012.
- [6] Mayumi Matsunaga and Toshiaki Matsunaga, “A Multi-Polarization Multi-Band Cross Spiral Antenna for Mobile Communication Devices,” *Proc. of the 2012 International Symposium on Antennas and Propagation*, pp.299 - 302, Oct., 2012.