

クロススパイラルアンテナのリターンロスおよび放射効率の検討

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 〒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 これまで、クロス形状に巻いたループ/スパイラルアンテナを提案し、その有効性と応用例を示してきた。本論文では、このクロスループアンテナのリターンロス特性と放射特性が、その寸法変化に対してどのように変化するかを検討している。クロススパイラルアンテナ (CSA) は、インピーダンスがループアンテナに比べ小さく、また、円偏波を 1 ポート給電で放射できるアンテナとして著者らが発明したものである。これまでに、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、CSA の最も単純な構造である一卷きの CSA を例にとり、リターンロスの調整方法およびそれに伴う放射効率の変化について検討している。

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、放射効率

A Study of Return Loss Characteristics and Antenna Radiation Efficiencies of Cross Spiral 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 We have suggested the novel structure of loop/spiral antennas which is arranged by winding a cross shape and shown its effectiveness and applications. In this paper, the way to tune impedance of the CSA and effects of the measurements changes for the tuning on antenna radiation efficiencies are examined. The cross shaped spiral antenna, CSA, is invented by the authors as the novel structure antenna whose impedance is lower than that of general loop antennas and that can radiate circularly polarized waves by one port feed. We have suggested many practical applications such as circular polarization antennas and multi-polarization antennas. We discuss the way to tune the impedance of the single loop CSA, which is wound one time, as an example. Moreover, the antenna radiation efficiencies by variations of measurements for tuning impedances are studied.

Keyword Loop Antennas, Spiral Antennas, Cross shape, Impedance Characteristics, Antenna Radiation Efficiencies

1. はじめに

ループアンテナは、RFID や地上テレビ放送、携帯電話の 700MHz 帯や 800MHz 帯などでは、製作が容易であり、良好な特性が得られるアンテナである。また、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]。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な提案されており、幅広く実用化されている。

我々は、ループアンテナの新たな形状として、クロス型の提案を行っている。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。更に、間接給電した例として、ダイポールアンテナ給電 CSA 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を実現した [6]。更に、矩形ループアンテナの比較した場合の優位性についても検討してきた [7]。

本論文では、クロスループアンテナの設計方法の基本として、インピーダンスの調整法について検討する。更に、インピーダンス調整に伴い、変化させた CSA の形状や寸法が放射利得や効率へ与える影響についても考察している。なお、検討に用いたのは、CSA の最も

基本の構造である、一卷きの CSA を用いた。

これらの検討の結果、放射利得や効率を高く保ちながら、CSA の入力インピーダンスを所望の値に調整する手法が明らかになった。

2. インピーダンス特性

これまでの検討により、CSA は、矩形ループアンテナに比べ容易に、入力インピーダンスを 50Ω 近くに調整できることが分かった[7]。本論文では、図 1 の様な一卷きの CSA を例にとり、これを構成する導体線の線幅 w 、クロス部を形成する折り曲げ部の間隔 s 、外形寸法 L の変化がインピーダンス特性に与える影響について考察する。

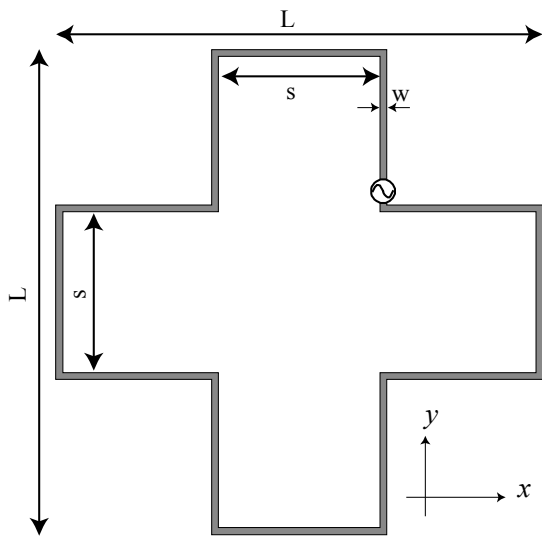


図 1 一卷きクロスループアンテナ(CSA)

Fig. 1 A cross shaped loop antenna.

表 1 比較検討する CSA の寸法詳細

Table. 1 Detailed measurement of CSA.

| | w [mm] | s [mm] | L [mm] |
|-----|----------|----------|----------|
| (1) | 0.2 | 12.4 | 72.4 |
| (2) | 0.2 | 4.6 | 74.0 |
| (3) | 0.2 | 1.0 | 77.6 |
| (4) | 0.2 | 20.0 | 72.4 |
| (5) | 1.0 | 12.4 | 81.0 |
| (6) | 2.0 | 12.4 | 87.0 |
| (7) | 4.0 | 12.4 | 95.0 |

表 1 に比較検討に用いた CSA の詳細寸法を示している。本比較において、まず、クロス部を形成する折り曲げ部の間隔 s の寸法変化の影響を考察するために、(1) ~ (4) の CSA は、 w を一定とし、 s を変化させ、920MHz で最も良好なリターンロス値が得られるように L を調整している。次に、CSA を構成する導体線の線幅 w の寸法変化の影響を考察するために、(5) ~ (7) の CSA は、 s を一定とし、 w を変化させ、920MHz で

最も良好なリターンロス値が得られるように L を調整している。

なお、表 1 に示した寸法詳細は、CSA の製作に、比誘電率 $\epsilon_r=3.9$ 、誘電正接 $\tan\delta=0.008$ の FR-4 基板を用いた場合の寸法である。

図 2 は、CSA のクロス部を形成する折り曲げ部の間隔 s の寸法変化に対する S11 特性の変化を表した結果である。いずれも、920MHz を中心に 30MHz ~ 40MHz の 10dB 帯域幅が得られるように外形寸法 L を調整している。この結果より、 s を広くすればするほど、920MHz 前後の S11 は悪くなるが、周波数特性の裾野が広がるために、10dB 帯域幅は同程度確保できることが分かる。また、 s を広くすれば外形寸法 L も小さくする事ができ、外形寸法を小さくできる事がわかる。

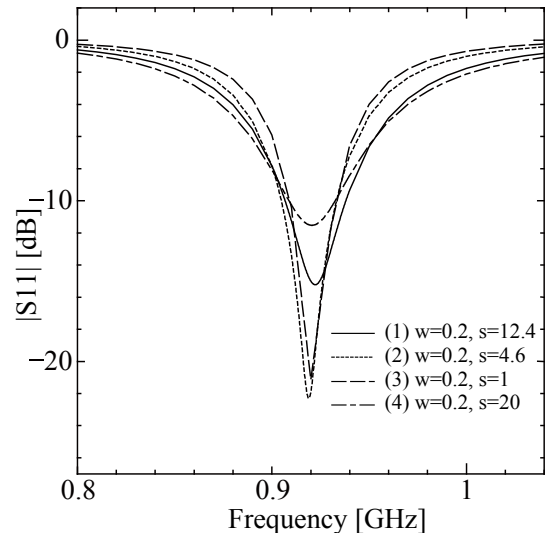


図 2 クロス部を形成する折り曲げ部の間隔 s を変化した場合のリターンロス特性

Fig. 2 Return loss characteristics of the cross shaped loop antenna as s is varied.

図 3 は、CSA を構成する導体線の線幅 w の寸法変化に対する S11 特性の変化を表した結果である。いずれも、920MHz を中心に 30MHz ~ 40MHz の 10dB 帯域幅が得られるように外形寸法 L を調整している。この結果より、 w を広くすればするほど、920MHz 前後の S11 は悪くなるが、周波数特性の裾野が広がるために、10dB 帯域幅は同程度確保できることが分かる。しかしながら、表 1 に示したとおり、 L は w を広くするにつれ、大きくなり、外形寸法が大幅に大きくなってしまふ。これらの結果より、線幅 w は、狭い方が、S11 特性も良好になり、外形寸法も小さくできる事が分かる。

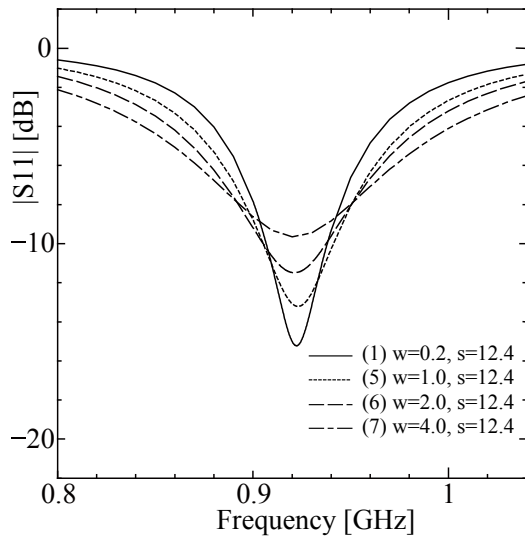


図3 導体線の線幅 w を変化した場合のリターンロス特性

Fig. 3 Return loss characteristics of the cross shaped loop antenna as w is varied.

次章では、本章で比較に用いた(1)~(7)のアンテナの放射特性について、検討する。

3. 放射特性

前章の結果より、クロス部折り曲げ間隔 s や線幅 w を変化させる事で S_{11} 特性を良好にすることができたり、その一方で、外形寸法が大きくなったり小さくなったりする事が分かった。本章では、これらの s や w の寸法変化が、放射特性に与える影響について考察する。

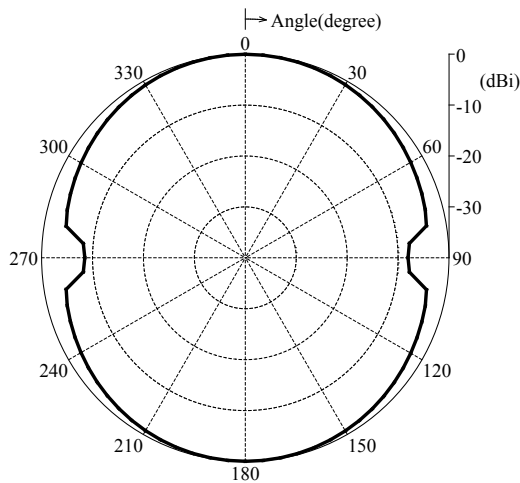


図4 CSAの放射特性(全電界強度)

Fig. 4 Radiation Pattern of the CSA (Total Electric Strength)

なお、本章の結果は、導体線を銅(導電率 $\sigma=5.8 \times 10^7$ S/m)とした場合の結果である。

図4は、表1に示した(1)の寸法の場合のCSAの放射全電界の指向性を示している。これは、図1の xz 平面および yz 平面のどちらもほぼ同等の結果となる。したがって、ほぼ全方向に放射がなされているアンテナであると言える。

表2 表1に示した寸法の違うCSAの放射利得、放射効率

Table.2 Antenna gain and efficiency of CSA shown in table 1.

| | Gain[dBi] | Gain Inc. RL [dB] | Antenna Efficiency [%] |
|-----|-----------|-------------------|------------------------|
| (1) | -0.015 | -0.151 | 75.6 |
| (2) | -0.585 | -0.608 | 72.1 |
| (3) | -1.334 | -1.369 | 67.0 |
| (4) | 0.300 | -0.003 | 77.2 |
| (5) | 0.512 | 0.298 | 79.5 |
| (6) | 0.694 | 0.385 | 80.6 |
| (7) | 0.885 | 0.392 | 81.5 |

表2に、それぞれのCSAの放射絶対利得、反射を考慮した放射絶対利得、放射効率を示している。 s を広くすると、絶対放射利得、放射効率ともに上昇する事が分かる。前章の結果と合わせて考えると、 S_{11} 値は多少低くなるが、10dB帯域幅を保ったまま外形寸法も小さくする事も可能である事がわかる。また、 w を広くしても、絶対放射利得、放射効率ともに上昇する事が分かる。しかしながら、前章の結果と合わせて考えると、 S_{11} の値が低下し、外形寸法も大きくなってしまう。以上の事を総合すると、 S_{11} 特性、放射利得および放射効率を良好に保ったままの小型化に際しては、 s を広く、 w を狭くする事が有効である。しかし、小型化を意識せず本アンテナの利用が可能な場合は、 S_{11} がある程度得られる範囲で、 s も w も広くすることで、良好な放射利得及び効率が得られる。

4. まとめ

クロススパイラルアンテナの設計において、これを構成する導体線の線幅および、クロス部を形成する間借り部の間隔の設定が、(1)小型化、(2)良好なインピーダンス特性、(3)良好な放射利得および効率を得るためには非常に重要であることを示した。

今後は、クロス形状とすることで、平衡—不平衡変換がどの程度なされているのか。また、クロス形状がなぜ、平衡—不平衡変換に効果的なのか。そして、更に不平衡電流を抑制する構造の提案。小型化の検討。近接金属の影響の検討と低減構造の提案など順次報告

していく。

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.
- [7] 松永真由美, 松永利明, “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”, 第12回宇宙太陽発電と無線電力伝送に関する研究会, 信学技報 WPT2012-57, pp. 87 - 90, March, 2013.