

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420359

研究課題名(和文) 高効率超小型アンテナの開発

研究課題名(英文) A study of electrically small high efficient antennas

研究代表者

松永 真由美 (Matsunaga, Mayumi)

愛媛大学・理工学研究科(工学系)・講師

研究者番号：30325360

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、小型でありながら高効率を実現するアンテナの開発を行った。研究の結果、従来のパッチアンテナの1/4サイズでありながら、放射効率が90%以上ある円偏波アンテナの設計や、2つの携帯電話バンドとGPSバンドでそれぞれ直線と円偏波を送受信できるアンテナ、不平衡-平衡変換に有効な構造のクロス形状のループアンテナへの組み込み、などに成功した。

本研究で基本としたアンテナ構造は、クロスループ型と呼ばれ、研究代表者が発明した物である。この形状が小型であっても高効率を実現する鍵となっている事を明確化し、当初の目標を達成しただけでなく、円偏波の巡回方向が切り替え可能なアンテナの基本構造の発明にも至った。

研究成果の概要(英文)：An electrically small high efficient antenna has been studied in this project. As results of the study, an electrically small high-efficiency antenna whose size is as small as a quarter of conventional patch antennas and whose efficiency is 90% or more has been successfully achieved. Moreover, the antenna has been developed into one that can be simultaneously used in two or more mobile-phone bands and GPS. And a mechanism which can feed the antenna through unbalanced feeders has been suggested.

In this study, the cross-shaped loop antenna invented by the author is used as a basic structure. The fact that this cross-shaped structure is a key idea for developing this electrically small high efficient antenna has been shown, and the fact has given birth to the new invention of a circularly polarized antenna which can electrically switch its polarization-sense.

研究分野：電波工学、アンテナ・電波伝搬、マイクロ波・ミリ波・テラヘルツ波

キーワード：アンテナ 円偏波 多周波アンテナ 多偏波アンテナ 高効率 小型 平面 移動通信

1. 研究開始当初の背景

ここ数年のスマートフォンの爆発的な普及は、大容量高速通信を支える技術の抜本的見直しと、更なる技術革新の緊急性を顕著にしている。また、2011年3月に発生した未曾有の大震災は、正確かつ迅速な情報伝達手段の確保の重要性を再認識させた。本研究は、このような需要に応えるべく、無線通信の大容量化、高速化そして情報確度の向上を保証する超小型内蔵用アンテナを開発する。

アンテナ性能は、電波の送受信能力を直接的に左右する。アンテナ性能が向上すれば、受信性能が向上し、より確実に情報のやりとりが可能となる。更に、より広い周波数帯域において、この高いアンテナ性能が実現できれば、自ずと無線通信の大容量化、高速化と情報確度の向上が可能となる。しかし、一方で、小型でデザイン性の高いものが一般的には好まれる携帯用無線端末にとっては、アンテナは邪魔な物でしか無く、アンテナの性能が極端に劣化するほど狭小空間へ押し込まれる傾向にある。

このような問題の解決には、アンテナのリターンロスや利得、放射特性や効率といった特性は維持したままに、極限まで小さくする技術が不可欠である。

2. 研究の目的

スマートフォンやタブレット端末の様な移動通信用携帯端末の通信性能を高める小型で高性能なアンテナを開発することが目的である。

携帯端末内の窮屈な空間に、デザイン性を乱すこと無く納める事を重要視した場合、平面かつ薄型構造で専有面積が小さく、給電が容易である事が求められる。しかし、この場合、アンテナはもはや所望の性能を発揮できなくなる。つまり、この様な構造でありながらも、性能を発揮できるアンテナの開発が必要であるといえる。

したがって、小型で平面構造、容易に給電できる構造でありながら、最低限、放射利得と効率だけでも良好なアンテナが必要であるといえる。

本研究では、更に、状況に応じて、直線偏波や円偏波も放射できたり、複数の携帯電話バンドや、Wi-Fi、GPSまでも1本でカバーできたり、不平衡給電も可能な、高性能アンテナを開発することで、移動通信技術の更なる発展に大きく貢献する。

3. 研究の方法

本研究では、研究代表者自身が発明したクロスループ形状をしたループアンテナを基本構造としてアンテナ開発を行う。ループアンテナは、薄型の平面構造で構成でき、リターンロス特性や放射特性なども広帯域かつ良好である事が知られている。また、形状の変化も容易で、狭小空間への設置も可能であることから、基本構造としては最適であると考

えている。しかし、平衡度が良好な給電が必要であり、占有面積を大きく取る構造ばかりが提案されてきた。これに対し、研究代表者は、ループをクロス形状に巻く事で、ループアンテナの専有面積を小さくする事ができ、更に、円偏波を容易に放射するなどの有効性も見いだしていた。

本研究では、まず、クロス形状のループアンテナが発揮できる有効な特性を明確化し、また、これらの特性が得られるメカニズムについて詳細に解明する事からはじめ、クロス形状の有効性を十分に発揮させる事で、ループアンテナの小型化や高性能化を目指そうとしている。

クロス形状のループアンテナの詳細な解析は、電磁界シミュレータを用い、実際に試作・実測する事で検証を行う。また試作したアンテナは、リターンロスのみならず、放射指向性や偏波特性などについても詳細に測定し分析する。

4. 研究成果

(1) 小型高効率アンテナの設計

クロスループアンテナのエレメント形状とインピーダンス特性を明確化し、従来のパッチアンテナの1/4サイズでありながら、放射効率が90%以上ある円偏波アンテナの設計に成功した。これにより、当初の目標を達成した。

(2) 小型高効率アンテナの多周波・多偏波共用化

(1)において設計した小型高効率クロスループアンテナとダイポールアンテナを組み合わせる事で、2つの携帯電話バンドとGPSバンドでそれぞれ直線と円偏波を送受信できるアンテナへと発展させた。

(3) 小型高効率アンテナへの不平衡給電構造

(2)において設計した、提案アンテナとダイポールアンテナを組み合わせる過程において、ダイポールエレメントを給電素子とし、クロスループアンテナを寄生素子とすることで、不平衡給電できる事がわかった。これに基づき、クロスループアンテナを同軸線路などで不平衡給電を可能とする構造を提案した。

(4) クロスループ構造がもたらす物理現象の明確化

ループアンテナをクロス形状とすることで、左手系線路と同等の、物理現象が得られ、その結果、高効率なアンテナの小型化に成功した事を明確化した。

(5) 左右両円偏波を隣接する狭帯域で放射するアンテナの基本構造の提案

(4)の結果を利用し、円偏波の旋回方向が変化するアンテナの基本構造の提案を行った。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 21 件)

Mayumi Matsunaga, A Multiband Circularly Polarized Cross Spiral Antenna with a Dipole Feeder, Proceedings of the IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications, 査読有, 2017 (9月掲載決定)

松永真由美, 隣接2周波でそれぞれ左右の円偏波を放射するクロス形状のループアンテナ. 電子情報通信学会論文誌 B, 査読有, vol.J100-B, no.9, 2017. (9月号掲載決定)

DOI: 10.14923/transcomj.2017APL0004

Mayumi Matsunaga, A Novel Arrangement of Cross-Shape Loop Antenna for Wider Circular Polarization Band-Width, Proceedings of the 2017 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, 査読有, 2017 (7月掲載決定)

Takayuki Matsumuro, Yohei Ishikawa, Tomohiko Mitani, Naoki Shinohara, Masashi Yanagase, Mayumi Matsunaga, Study of a single-frequency retrodirective system with a beam pilot signal using dual-mode dielectric resonator antenna elements, Wireless Power Transfer, 査読有, 2017, 1-14
DOI: 10.1017/wpt.2017.4

Mayumi Matsunaga, A dual-band circularly polarized microstrip patch antenna with a cross shaped slot for 0.92/2.45 GHz RFID applications, IEICE Communications Express (ComEX), 査読有, vol. 6, no. 6, 2017, 259 - 264
DOI: 10.1587/comex.2016SPL0014

Takayuki Matsumuro, Yohei Ishikawa, Tomohiko Mitani, Naoki Shinohara, Mayumi Matsunaga and Masashi Yanagase, Basic Study of Beam Pilot Signal for Terrestrial Microwave Power Transmission, Proceedings of the IEEE Antennas and Propagation Society Topical Meeting on Computational Electromagnetics, 査読有, 2017, 213 - 214
DOI: 10.1109/COMPEN.2017.7912757

Tsuyoshi Matsuoka, Mayumi Matsunaga, Toshiaki Matsunaga, Analysis of radio

wave propagation in building models consisting of concrete with conducting frameworks by the CIP method, Proceedings of the IEEE Antennas and Propagation Society Topical Meeting on Computational Electromagnetics, 査読有, 2017, 58 - 60
DOI: 10.1109/COMPEN.2017.7912808

Mayumi Matsunaga, A Circularly Polarized Spiral/Loop Antenna and its Simple Feeding Mechanism, In Tech Open, Modern Antenna Systems, 査読有, 2017, 129 - 143
DOI: 10.5772/65651

Mayumi Matsunaga, A Compact Dual-Band Circularly Polarized Spiral Antenna, Proceedings of the International Symposium on Antennas and Propagation, 査読有, 2016, 978-979
<http://ieeexplore.ieee.org/document/7821289/>

Mayumi Matsunaga, A Dual-Band Single-Feed Circularly Polarized Microstrip Patch Antenna with a Cross Slot, Proceedings of the IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications, 査読有, 2016, 91-92
DOI: 10.1109/APWC.2016.7738127

Mayumi Matsunaga, A dipole feeder for circularly and linearly polarized cross shape loop/spiral antennas, IEICE Electronics Express, 査読有, vol.13, no.12, 2016, 20160426.
DOI: 10.1587/elex.13.20160426

Mayumi Matsunaga, A Wideband Omnidirectional Circularly Polarized Spiral Antenna, Proceedings of the 2016 European Conference on Antennas and Propagation, 査読有, 2016, 1 - 2
DOI: 10.1109/EuCAP.2016.7481871

Mayumi Matsunaga, A Linearly and Circularly Polarized Double-Band Cross Spiral Antenna, IEICE Transactions on Communications, 査読有, vol.E99-B, no.2, 2016, 430-438.
DOI: 10.1587/transcom.2015EBP3222

松永真由美、三周波円偏波共用ダイポール給電型クロススパイラルアンテナ, 電子情報通信学会論文誌 C, 査読有, vol.J98-C, no. 12, 2015, 329-337
https://search.ieice.org/bin/summary.php?id=j98-c_12_329

Mayumi Matsunaga, Effectiveness of a Dipole Feeder for the Cross Spiral Antenna Which is a Circularly and Linearly Polarized Planar Antenna, 2015 International Symposium on Antenna and Propagation, 査読有, 2015, 549 - 550
<http://ieeexplore.ieee.org/document/7447432/>

Mayumi Matsunaga, Enhancing Circular Polarization Characteristics of a Dipole-Fed Cross Spiral Antenna, Proceedings of the 2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, 査読有, 2015, 629 - 630
DOI: 10.1109/APS.2015.7304701

Mayumi Matsunaga, An Electrically Small Three-Band Multi-polarization Cross Spiral Antenna, Proceedings of the 2015 European Conference on Antennas and Propagation, 査読有, 2015, 1 - 2
<http://ieeexplore.ieee.org/document/7228831/>

Mayumi Matsunaga, A Farewell to Prejudice, Have an Original Idea for Novel Antenna Technologies and Active Women Therein, Proceedings of the 2014 Asia-Pacific Microwave Conference, 査読有, 2014, 182 - 184
<http://ieeexplore.ieee.org/document/7068036/>

Mayumi Matsunaga, Masaya Shiraga and Yohei Kuroda, An Electrically Small Circularly Polarized Antenna Using a Dipole-Fed Cross Spiral Antenna, Proceedings of the 2014 Asia-Pacific Microwave Conference, 査読有, 2014, 858 - 860
<http://ieeexplore.ieee.org/document/7067806/>

Mayumi Matsunaga, A Simple Circular Polarized Loop Antenna, Proceedings of the 2014 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, 査読有, 2014, 575 - 576
DOI: 10.1109/APS.2014.6904618

②Mayumi Matsunaga, Yohei Kuroda, A Simple Cross Shaped Loop Antenna Radiating Circularly Polarization Waves by One Port Feeding, Proceedings of the 2014 European Conference on Antennas and Propagation, 査読有, 2014, 3448 - 3450
DOI: 10.1109/EuCAP.2014.6902570

[学会発表](計 27 件)

Mayumi Matsunaga, A Multiband Circularly Polarized Cross Spiral Antenna with a Dipole Feeder, IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications, 2017 年 9 月発表決定, ペローナ(イタリア)

Mayumi Matsunaga, A Novel Arrangement of Cross-Shape Loop Antenna for Wider Circular Polarization Band-Width, 2017 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, 2017 年 7 月 13 日発表決定, サンディエゴ(米国)

松永真由美, 左右両偏波クロスループアンテナの零位相変移線路としての考察, 電子情報通信学会総合大会, 2017 年 3 月 23 日, 名城大学(名古屋市)

Takayuki Matsumuro, Basic Study of Beam Pilot Signal for Terrestrial Microwave Power Transmission, IEEE Antennas and Propagation Society Topical Meeting on Computational Electromagnetics, 2017 年 3 月 9 日, くまもと県民交流館パレア(熊本市)

Tsuyoshi Matsuoka, Analysis of radio wave propagation in building models consisting of concrete with conducting frameworks by the CIP method, IEEE Antennas and Propagation Society Topical Meeting on Computational Electromagnetics, 2017 年 3 月 8 日, くまもと県民交流館パレア(熊本市)

松室堯之, 地上ビーム型マイクロ波電力伝送システムに向けた直交 2 重モード誘電体共振器アンテナの開発, 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会, 2017 年 3 月 6 日, 京都大学(宇治市)

松永真由美, 多周波円偏波アンテナの開発, 電子情報通信学会無線電力伝送研究会, 2017 年 3 月 6 日, 京都大学(宇治市).

Mayumi Matsunaga, A Dual-Band and Dual-Sense Circularly Polarized Loop Antenna, 2017 Malaysia-Japan Workshop on Radio Technology (MJWRT2017), 2017 年 1 月 27 日, クアラルンプール(マレーシア)

Mayumi Matsunaga, A Compact Dual-Band Circularly Polarized Spiral Antenna, International Symposium on Antennas and Propagation, 2016 年 11 月 28 日, 沖縄コ

ンベンションセンター(宜野湾市)

Mayumi Matsunaga, A Dual-Band Single-Feed Circularly Polarized Microstrip Patch Antenna with a Cross Slot, IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications, 2016年9月20日, ケアンズ(オーストラリア)

松室堯之, ビームパイロット信号と同一周波数を持つマイクロ波送電システム用直交2重モード誘電体共振器アンテナ, 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会, 2016年9月16日, 産業技術総合研究所(つくば市)

Mayumi Matsunaga, Multi-Band Circularly Polarized Spiral Antenna, 2016 Thailand-Japan Microwave (TJMW2016), 2016年6月10日, バンコク(タイ)

Mayumi Matsunaga, A Wideband Omnidirectional Circularly Polarized Spiral Antenna, 2016 European Conference on Antennas and Propagation, 2016年4月14日, ダボス(スイス)

松永真由美, 多周波共用円偏波スパイラルアンテナ, 電子情報通信学会技術研究報告無線電力伝送研究会, 2016年3月8日, 京都大学(宇治市)

Mayumi Matsunaga, Effectiveness of a Dipole Feeder for the Cross Spiral Antenna Which is a Circularly and Linearly Polarized Planar Antenna, 2015 International Symposium on Antenna and Propagation, 2015年11月11日, ホバート(オーストラリア)

Mayumi Matsunaga, Enhancing Circular Polarization Characteristics of a Dipole-Fed Cross Spiral Antenna, 2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, 2015年7月21日, バンクーバー(カナダ)

Mayumi Matsunaga, An Electrically Small Three-Band Multi-polarization Cross Spiral Antenna, 2015 European Conference on Antennas and Propagation, 2015年4月15日, リスボン(ポルトガル)

松永真由美, 三周波偏波共用アンテナの高性能化に関する検討~円偏波特性の改善~, 電子情報通信学会無線電力伝送研究会, 2015年3月25日, 京都大学(宇治市)

松永真由美, 私を魅了したアンテナと電波伝搬の世界~電磁界理論解析, テラヘルツ波アンテナ, 構造物周囲の伝搬解析そして簡便構造の多機能アンテナ~, 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会, 2015年1月22日, 愛媛大学(松山市)

白神昌弥, ダイポール給電型クロススパイラルアンテナの円偏波特性向上に関する検討, 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会, 2015年1月22日, 愛媛大学(松山市)

⑲ 田中浩樹, 2次元円形凸起配列がコンクリート壁周囲の伝搬に与える影響に関する検討, 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会, 2015年1月22日, 愛媛大学(松山市)

⑳ Mayumi Matsunaga, A Farewell to Prejudice, Have an Original Idea for Novel Antenna Technologies and Active Women Therein, 2014 Asia-Pacific Microwave Conference, 2014年11月5日, 仙台国際センター(仙台市)

㉑ Mayumi Matsunaga, An Electrically Small Circularly Polarized Antenna Using a Dipole-Fed Cross Spiral Antenna, 2014 Asia-Pacific Microwave Conference, 2014年11月6日, 仙台国際センター(仙台市)

㉒ 高橋健吾, コンクリート壁の粗表面が周囲の電波伝搬に与える影響, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2014年9月25日, 徳島大学(徳島市)

㉓ 鈴木将崇, 偏波および三周波共用小型クロススパイラルアンテナ, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2014年9月23日, 徳島大学(徳島市)

㉔ Mayumi Matsunaga, A Simple Circular Polarized Loop Antenna, 2014 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, 2014年7月8日, メンフィス(米国)

㉕ Mayumi Matsunaga, A Simple Cross Shaped Loop Antenna Radiating Circularly Polarization Waves by One Port Feeding, 2014 European Conference on Antennas and Propagation, 2014年4月11日, ハーグ(オランダ)

〔その他〕
ホームページ等
<http://mayumi.lekumo.biz/jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松永 真由美 (MATSUNAGA, Mayumi)
愛媛大学・大学院理工学研究科・講師
研究者番号：30325360