

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：62603

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04945

研究課題名(和文) 環境・資源管理のためのマイクロ波を用いた船舶用高性能レーダーアンテナの研究

研究課題名(英文) Microwave radar antenna and its application to ship control system

研究代表者

瀧澤 由美 (Takizawa, Yumi)

統計数理研究所・モデリング研究系・准教授

研究者番号：90280528

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、環境・資源管理のため小型の計測用無線システムを研究し実用化を目指す。本研究ではマイクロ波を用いた平面型円偏波アンテナを研究し、船舶、航空機等に適用可能な無線計測システムを実現する。

従来のストリップライン共振器を基本とする円偏波平面アンテナでは、利得と軸比の帯域幅が狭く、3～5%以下であった。32素子のX-band 3導体ストリップラインアンテナアレイにおいて10%以上の広帯域で高利得が得られた。また優れた軸比が広帯域で得られた。

この設計に基づき手作りで小型X-bandアンテナを製作し、千葉大学の電波暗室で特性を評価した。実際のアンテナとシミュレーション結果はよい一致を見た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では以下の学術的独自性と創造性に基づき研究を行った。

(a) 円形平面アンテナを基本に、2軸(x, y軸)の長さに違いを設け、中心周波数の近傍の2周波数に縮退分離させることにより、小型平面アンテナでの円偏波の送信を可能とした。(b) 円偏波帯域の拡大のため、平面アンテナを3エレメント構成とし、また、小型化・高信頼化のため給電方法は一点給電とした。(c) アンテナの中心導体(feed element)として円形ディスクの両端を直線状切り欠くことにより、高利得および軸比帯域の一層の広帯域化を実現できた。

研究成果の概要(英文)： This study is composed of theory and simulation of characteristics of circular polarization plane antenna, and application to actual remote sensing radio system.

Conventional circular polarization plane antennas based on stripline resonators have narrow bandwidth of gain and axial ratio, the bandwidth is 3-5% or less at the center frequency at X-band. In this study, Higher gain and wider frequency bandwidth of 10% or more using 16 or 63 patches antenna arrays.

A novel antenna with 32 elements was prepared by hand-made, and evaluated with a test system in anechoic chamber in Chiba Univ. It was proved that the characteristic difference between real antenna and simulation were enough small.

研究分野：無線通信工学、信号処理、生体信号処理

キーワード：リモートセンシングシステム 円偏波アンテナ 平面アンテナ X-band 環境観測

2020年度 基盤研究(C)

研究課題名：環境・資源管理のためのマイクロ波を用いた船舶用高性能レーダーアンテナの研究
 研究代表者：統計数理研究所・准教授・瀧澤由美

1. 研究開始当初の背景

円偏波による通信・計測方式は、これまでに多く用いられてきた直線偏波による方法に比して、利得の向上や干渉除去が期待でき、衛星通信等の姿勢制御が困難な対象との通信や、気象レーダ等、水滴検知における背景干渉除去に用いられてきた。しかし、以下の問題により、船舶、車両等のリモートセンシングを目的とした位置測定には用いられてこなかった。

(i) 平面・パッチアンテナ等による円偏波アンテナ設計では、アンテナの2軸(x, y軸)が3次的に相互に影響するため、従来の等価回路による理論を当てはめることが困難で、試行錯誤による設計が主であった。また、円偏波の送受信において2軸の直線偏波の合成、分解が必要のため、小型化が困難でタンカー等の船舶タンク内に装着できなかった。

(ii) 従来のパッチアンテナによる円偏波送受信は、要求する軸比(3dB以下)を満たす帯域が狭く、中心周波数の2%程度であった。狭帯域のために対象物の情報が僅かしか得られなかった。

(iii) 従来使われてきた矩形切り欠き型パッチアンテナでは、帯域外にスプリアス(不要スペクトル)が多く生じ、反射波の受信精度が確保できず、アレイ化(要素アンテナの複数設置)が困難だった。

即ち、学術的な問いとして、(i) 円偏波アンテナの設計手法、(ii) 円偏波の帯域拡大、(iii) 帯域外スプリアスの抑制、への合理的な回答が求められている。

2. 研究の目的

本研究は、環境・資源管理のための液面計測システムにおいて、マイクロ波を用いた小型高性能レーダーアンテナを実現することを目的とする。そのため、円偏波軸比が広帯域で、高利得、小型な円偏波平面型(パッチ型)アンテナの基礎研究と、船舶(タンカー)の液面計測システム、航空機搭載の地表観測システム等への適用のための研究を行う。

液化天然ガス(LNG)、石油、薬品等の液面位置を正確に測定する液面計測システムにおいて、マイクロ波の液面反射による計測法があるが、従来、直線偏波アンテナによる方法が多く用いられてきた。そのためタンク内構造物による反射波の干渉を除去する方策がなく、計測精度に限界があった。本研究では、円偏波の右旋偏波と左旋偏波の直交性により干渉除去可能な円偏波アンテナを用い、さらに従来の円偏波アンテナで問題であった、狭帯域性、必要アンテナ数の増大、干渉の原因となる横方向放射を解決することを目指す。

3. 研究の方法

以下の2つの内容について研究を行った。

(1) 円偏波アンテナユニットの帯域幅の拡大と方式検討

中心周波数の近傍の2周波数を円形平面アンテナのx, y2軸方向に対応させ円偏波を発生する構造と、平面アンテナの3層構造を検討する。この検討に基づき、具体的な形状、寸法、物性パラメータを3次元シミュレーションにより探索し、円偏波アンテナユニットの帯域拡大を試みる。

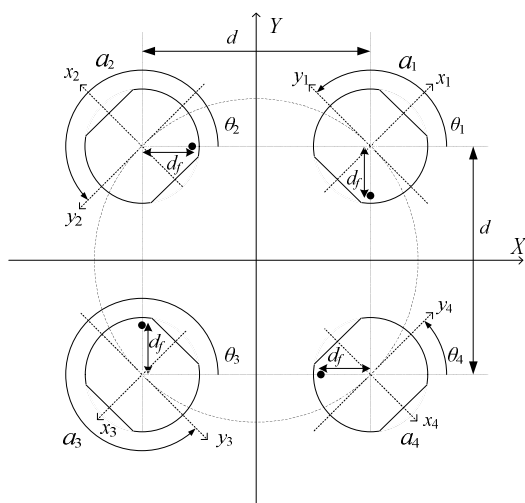


図1 直交配置の4アンテナ・アレイの上面図。地導体gは省略。

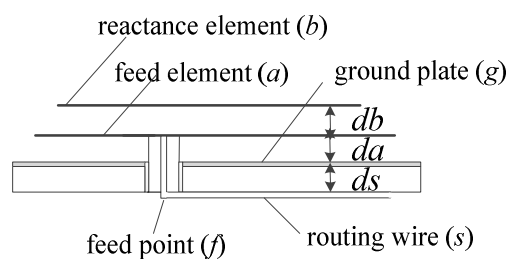


図2 アンテナの横断面図

リアクタンス素子(b)、励振導体(a)、地導体(g)および給電線路(f)。da, db, dsは誘電体基板の厚さを示す。

(2) 広帯域円偏波アレイアンテナの研究

上記(1)で述べた3エレメントで構成される円偏波アンテナを1ユニットとして、4ユニットを1単位とするアレイアンテナの構成を図1, 2に示す。

各ユニットを平面上に配置し、アレイアンテナ全体で円偏波の位相角がそろうように、すべてのユニットに同相で給電する。給電方法は並列分岐による1点背面給電を検討する。

円偏波マイクロ波を用いた実システムを構成する上で重要な要素は軸比である。軸比はx軸とy軸の振幅の比をデシベル(dB)で表したもので、楕円偏波(劣化した円偏波)とならないためには、軸比は帯域内で3 dB以下が望ましい。本研究では3次元Maxwell方程式に基づいたシミュレーションにより、帯域内で軸比3 dB以下となるようパラメータを探索する。さらに、取得した最適設計値を基に、プリント基板上に配置したアレイアンテナを試作する。

4. 研究成果

本研究では、環境・資源管理のため小型の計測用無線システムを研究し実用化を目指した。マイクロ波を用いた平面型円偏波アンテナを研究し、シミュレーションにより詳細設計を行った。従来のストリップライン共振器を基本とする円偏波平面アンテナでは、利得と軸比の帯域幅が狭く、3~5%以下であった。

本研究では、32素子のX-band 3導体ストリップラインアンテナアレイにおいて10%以上の広帯域で高利得が得られた。また優れた軸比(1dB以下)が広帯域で得られた。本研究により第1項で述べた問題について効果的な手法を提示できた。

さらにシミュレーションの結果を基に手作りによるプロトタイプを試作を行った。試作した小型X-bandアンテナは千葉大学の電波暗室で特性を評価し、実際のアンテナとシミュレーション結果はよい一致を見た。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Takizawa Yumi, Fukasawa Atsushi, Santosa Cahya Edi, Sri Sumantyo Josaphat Tetuko	4. 巻 19
2. 論文標題 Circular Polarization Array Antenna with Triplate Stripline Elliptic Resonator Antennas	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 WSEAS TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS	6. 最初と最後の頁 256 ~ 261
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.37394/23204.2020.19.30	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Takizawa Yumi, Fukasawa Atsushi, Santosa Cahya Edi, Sri Sumantyo Josaphat Tetuko	4. 巻 20
2. 論文標題 Circular Polarization Plane Array Antenna composed of Truncated Feed-and Reactance-Elements using Glass-epoxy Substrates	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 WSEAS TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS	6. 最初と最後の頁 1 ~ 6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.37394/23204.2021.20.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Takizawa Yumi, Fukasawa Atsushi, Santosa Cahya Edi, Sri Sumantyo Josaphat Tetuko
2. 発表標題 小型高性能X-band円偏波アンテナの特性評価
3. 学会等名 CReS 環境リモートセンシングシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 瀧澤由美, 深澤敦司
2. 発表標題 極値環境計測のためのマイクロ波システム
3. 学会等名 国立極地研究所マイクロ波研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takizawa Yumi、Santosa Cahya Edi、Fukasawa Atsushi、Sri Sumantyo Josaphat Tetuko
2. 発表標題 Elliptic Stripline Resonator Antenna on Glass-Epoxy Substrates for X-band Circular Polarization Systems
3. 学会等名 IEEE Antenna Propagation Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takizawa Yumi、Santosa Cahya Edi、Fukasawa Atsushi、Sri Sumantyo Josaphat Tetuko
2. 発表標題 Circular Polarization Antenna with Elliptic Stripline Resonators on Glass Epoxy Substrates
3. 学会等名 IEEE Antenna Propagation Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takizawa Yumi、Santosa Cahya Edi、Fukasawa Atsushi、Sri Sumantyo Josaphat Tetuko
2. 発表標題 Studies of Circular Polarization Plane Antenna with Direct Feeding
3. 学会等名 CReS 環境リモートセンシングシンポジウム
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	深澤 敦司 (Atsushi Fukasawa)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------