

博士論文の要旨

専攻名 システム創成科学専攻

氏名(本籍) 佐藤 博 (福岡県) 印

博士論文題名 電磁界の波動信号処理を適用した広角指向性レクテナに関する研究

要旨

本研究は、マイクロ波を使った無線電力伝送技術や電磁波エネルギーハーベスティング技術においてキーデバイスとなるレクテナについて行ったものである。とくに受信波のずれに対して特性が劣化しない高性能で高機能な広角指向性レクテナに関する研究を行った。レクテナの課題として、高効率化、小型化、広帯域化、広角化がある。これらの課題のうちこれまで広角化についてほとんど研究がなされていない。これはアンテナのアレー化により利得を向上させようとする、電波が斜め方向から到来した場合、アレーアンテナの指向性が鋭く狭くなり急激に変換効率が低下するという困難な課題があるからである。そこで、真正面方向からずれた方向からの電波でも、有効に電磁波エネルギーを直流電力に変換できる広角指向性を有するレクテナについて研究することを目的とした。

本論文は全6章で構成されている。

第1章では本研究の背景、無線電力伝送および電磁波エネルギーハーベスティングの技術動向、研究の目的、論文の構成について述べている。

第2章ではマイクロストリップアレーアンテナとマジックTを一体化した新しいE面広角指向性レクテナを提案し、その特性について詳細に検討した。まず、本研究の骨子となる広角レクテナの原理と構成について述べた。二つのアンテナ素子を用いることでアンテナ利得を向上させるとともに、マイクロストリップ線路・スロット線路で

構成する180°ハイブリッド回路(マイクロストリップT型マジックT)を一体化し広角指向性を実現していることを明らかにした。構造的には両平面回路技術を用いることでマイクロ波回路における方向性結合器の一つである平面マジックTと平面アンテナを非常にコンパクトに一体化することができることを示した。

第3章ではE面と直交するH面の広角指向性レクテナについて提案した。H面広角指向性を実現するため、スロットT型マジックTを用いた。さらに、広角な特性にするためH面逆相給電の利得向上を図り、給電回路の特性改善を行った。マイクロストリップ線路のインピーダンスの設計変更を行い、スロットT分岐の線路幅を狭くすることにより、スロット線路からの放射損失を抑制した。また、アンテナ素子間隔をE面広角指向性レクテナのときの $0.8\lambda_0$ に比べて、 $0.95\lambda_0$ と広げた結果、約2.3dBの利得向上が見られた。この結果に基づいてレクテナを試作し、受信角度依存性を測定し、半値角は並列及び直列接続でそれぞれ86度そして105度となることを確認した。特性改善前に比較すると並列接続では64度、直列接続では48度、半値角が広角になり、より良い特性が得られた。

第4章ではマイクロストリップT型マジックTおよびスロットT型マジックTの二種類のマジックTを用いた広角レクテナ用の同相/逆相3給電アレーアンテナを提案した。これは第2章のE面広角指向性レクテナと第3章のH面広角指向性レクテナとを一体化することにより、2次元の広角指向性レクテナ実現するものである。解析により、二種類のマジックTは4素子アレーアンテナの励振について3通りの位相関係があり、E面とH面において異なる放射パターンを提供していることを検証した。この3給電平面アレーアンテナはE面およびH面両面の2次元広角指向性レクテナのほかに2次元のモノパルス到来角推定アンテナ、

博士論文の要旨

専攻名 システム創成科学専攻

氏名 佐藤 博

ビームステアリングアンテナなど広汎に応用される。

第5章ではE面広角指向性2給電アンテナに無給電素子を装荷して利得向上を図ったことについて述べている。無給電素子を装荷したときはしないときに比べて同相給電、逆相給電とも2dBの向上が見られた。また、同相/逆相給電とも無給電素子の高さを $0.5\lambda_0$ 一定にしたとき、無給電素子間隔はアンテナの素子間隔と同じ $0.8\lambda_0$ のときに最大利得を示すことがわかった。これらの解析結果に基づいて無給電素子を装荷したアンテナを試作し測定をした結果、無給電素子の素子間隔を $0.8\lambda_0$ 一定にしたとき、同相給電では無給電素子の高さはほぼ $0.5\lambda_0$ 、逆相給電のときには無給電素子の高さは $0.6\lambda_0$ でそれぞれ最大利得を示すことがわかった。この実験結果は解析結果と同様な傾向を示している。

第6章では、各章の要約および全体の総括を述べた。

この広角指向性レクテナの研究は、国内外とも研究を行っているところは少なく新規性に富むものである。近年、センサをワイヤレスでつなぐワイヤレスセンサネットワークが普及しはじめ、センサのバッテリーレス化に向けて空間に分布する電磁波を回収して直流電力に変換する電磁波エネルギーハーベスティングが注目を集めている。とくに、この電磁波エネルギーハーベスティングの分野で広角指向性レクテナは有益である。