

氏名	みやしたひろあき 宮下裕章
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	情博第18号
学位授与の日付	平成12年5月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	情報学研究科通信情報システム科学専攻
学位論文題目	Study on analytical modeling of arrays for implementation of efficient design procedure (能率的設計法確立のためのアレーアンテナの解析的モデル化に関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 深尾昌一郎 教授 佐藤 亨 教授 森広芳照

論文内容の要旨

本論文はアレーアンテナのハードウェア開発において、解析的な手法を用いてアンテナ動作特性を記述することにより支配的パラメータを抽出し、見通しの良い設計法を得るという指針に基づき、新たに提案するアンテナや関連項目の具体的な解析法を論じたもので、以下の7章からなっている。

第1章は序論であって、ハードウェア設計を、素子アンテナ、給電回路、素子間相互結合、周囲散乱・干渉の4段階に分類し、解析的な手法を用いる意義、代表的な手法の概要、および有効な設計法確立のための技法について論じている。さらに、上記設計4段階に対応する具体的な目標として、本論文が扱うハードウェアの概要について述べている。

第2章では、アレーアンテナ設計段階のうち素子アンテナの解析に力点を置き、本論文で提案された新形式のコリニアアレーアンテナである、電磁結合同軸ダイポールアレーアンテナの設計法について論じている。従来の類似アンテナは素子アンテナを給電線路に接合する必要があるが、複雑な構造のため加工に難があったが、本アンテナは当該部に電磁結合給電を用いることにより、接合が不要で容易に製作が可能となっている。複素関数論的積分方程式解法である Wiener-Hopf 法、及び、モード展開法を用い、素子アンテナ入力アドミタンスの簡潔な表現式を導出し、実測値との比較によりその有効性を示している。放射パターン、アレーアンテナの設計法が示され、試作により解析法の妥当性を検証している。

第3章では、アレーアンテナ設計段階のうち給電回路の解析に力点を置き、平面アンテナ等に供される平行平板導波管、および導波管不連続問題の数学的モデル化の例として、円形アイリスの等価サセプタンスを解析している。直線アイリスに平面波が入射する場合の変分法による従来の解析を、本論文は円形アイリスに円筒波が入射する場合に拡張している。得られた近似式は簡潔であり、円形アイリスの半径が波長に比べて十分大きい場合、従来の直線アイリスの結果を再現する。積分方程式解法を用いた厳密解との比較により、近似式の有効性を確認している。

第4章では、第3章と同様、給電回路の解析に力点を置き、本論文で新規に提案されたモノパルスパターンが形成可能な高能率平面アンテナである、ラジアルラインモノパルス平面アンテナの設計法について論じている。第3章で得られた平行平板内波源の界表現を援用し、起電力法を用いて平行平板内プローブの簡潔なインピーダンス表現式を導出した後、実測値と計算値との比較によりその有効性を確認している。得られた表現式を用いてモノパルスパターン形成原理を明らかにし、さらにアンテナ様分布設計法について示している。またアレーアンテナを試作することにより、設計法の妥当性を検証している。

第5章では、アレーアンテナ設計段階のうち素子間相互結合、周囲散乱・干渉の解析に力点を置き、多面アレーアンテナの面間結合の問題を論じている。幾何光学的回折理論を用いて、導体コーナーを隔てたマイクロストリップアンテナの相互アドミタンスの簡潔な表現式を得ている。フェーズドアレーアンテナのビーム走査時における面間結合を実測し、計算値との比較により理論の有効性を検証している。さらに、数値シミュレーションにより面間結合の特性を明らかにし、相互干渉低減法を提案している。

第6章では、一次近似の範囲で第5章の結果を素子アンテナ形状に拠らない一般論に拡張している。等価波源でモデル化される任意の2つのアンテナに対して、マクスウェル方程式から得られるリアクション積分を遠方界近似し、アンテナ相互インピーダンス（アドミタンス）の物理解釈可能な表現式を得ている。それは「互いの方向を見込む放射パターン積に空間伝達関数を乗じ、給電電流（電圧）で除した形」となっている。平面上、および導体コーナーを隔てたマイクロストリップアンテナの2素子間結合との実測値との比較により理論の有効性を示すとともに、第5章の結果の初項が再現されることも確認している。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果と将来の展望をまとめている。本論文で新規に提案されたアンテナは移動通信等の用途に適しており、また、相互結合、周囲散乱・干渉解析は汎用性に富む理論であり、将来においても通信やレーダーに供されるアレーアンテナに対して広く用いられるものと考えられる。本論文は、アレーアンテナ設計の各段階において、物理現象を解析的モデル化により把握し、設計法を確立する具体的な方法論を示しており、現実のハードウェア設計の規範となるものである。

論文審査の結果の要旨

本研究はアレーアンテナのハードウェア開発において、解析的な手法を用いてアンテナ動作特性を記述することにより支配的パラメータを抽出し、見通しの良い設計・解析法を得るという指針に基づいて行われている。本論文で提案された電磁結合同軸ダイポールアレーアンテナの解析では、Wiener-Hopf法、及び、モード展開法を用いて、明確な物理解釈を有する簡潔な自己アドミタンス表現式が導出されている。得られたアレーアンテナ設計法は、効果的にアンテナパラメータを決定する優れた手法と評価される。平行平板内円形アイリスの解析では、境界値問題を変分法により解析し、従来の結果を統合する等価サセプタンスの簡潔な近似式が導出されている。これは、伝送線路モデルを用いたアレーアンテナ給電回路設計における有用な公式と評価される。また、本論文で提案されたラジアルラインモノパルス平面アンテナの解析では、アンテナ励振係数の簡潔な表現式を導出することにより、モノパルスパターン形成原理を明らかにするとともに、一様励振分布決定法を確立している。これは、表現式の物理解釈を通じて得られた実用的なアンテナ設計法と評価される。アレーアンテナ面間結合解析では、幾何光学的回折理論を用いて簡潔な相互結合表現式を導出することにより、アンテナ間干渉が能率的に計算されている。この解析法は、アンテナ間相互干渉特性を実時間で評価しうる優れた方法と評価される。これはさらに、等価波源でモデル化される任意形状のアンテナ間結合へ理論が拡張されている。得られた表現式は明確な物理解釈を有し、汎用的な優れた結果と評価される。

以上の成果により、本論文は、ハードウェア動作特性を解析的な手法により物理解釈可能な形に定式化し、アレーアンテナの能率的な設計・解析法を確立していると評価される。

よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成12年4月21日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。