

氏名	ないとういづる 内藤出
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	情博第22号
学位授与の日付	平成13年1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専攻
学位論文題目	衛星通信用反射鏡アンテナの多機能化に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 佐藤 亨 教授 深尾昌一郎 教授 森広芳照

論文内容の要旨

本論文は、衛星通信用反射鏡アンテナの多機能化を目的とする。衛星通信用反射鏡アンテナの多機能化は、マルチビーム化、直交偏波共用化、多周波数帯共用化といった複数機能の共用化、およびビーム成形/再成形といった機能の高度化に代表され、衛星通信の発展・展開・普及に対応した効率的な衛星通信システムの構築に寄与する。本論文は、これらの技術項目に対して行った研究成果をまとめたものである。

第1章では、序論として、研究の背景を論じている。衛星通信の展開を概観すると共に、衛星通信用反射鏡アンテナの発展を高性能化と多機能化と位置づける。次いで、本研究のテーマである衛星通信用反射鏡アンテナの多機能化に関連する従来の研究として、反射鏡形式マルチビームアンテナ、反射鏡形式成形ビームアンテナおよびビーム再成形アンテナ、グリッド反射鏡アンテナ、周波数選択鏡面(FSS: frequency selective surface)に関する研究を概観する。最後に、衛星通信用反射鏡アンテナの多機能化に関して行った本研究の概要をまとめている。

第2章では、単一反射鏡形式大ビーム分離角マルチビームアンテナに関する研究成果について論じている。地上から見て大きく離れた複数の衛星からの放送を同時に受信するには、大ビーム分離角マルチビームアンテナが必要となる。また、一般家庭への設置のためには、簡易な構成の単一反射鏡アンテナが望ましい。本論文では、単一反射鏡形式大ビーム分離角マルチビームアンテナの特性を解析的に論じている。

第3章では、アレー給電反射鏡形式ビーム再成形アンテナの給電アレー励振係数設計法に関する研究成果について論じている。周波数と衛星電力の有効利用、通信需要の変化に対する柔軟性等の観点から、ビーム再成形アンテナは衛星搭載用アンテナとして有効である。本論文では、アレー給電反射鏡形式ビーム再成形アンテナで、給電アレーをサブアレーに分割し、サブアレー間の振幅比のみを制御する方式における給電アレー励振係数の設計法を提案している。

第4章では、出力位相分布の周波数依存性の小さいビーム形成回路(BFN: beam forming network)の設計法に関する研究成果について論じている。アレーアンテナやアレー給電反射鏡アンテナでは、アレーを構成する各素子アンテナを所望の振幅・位相で励振するために、BFNが用いられる。ところが、アレー励振係数は帯域にわたって一定である条件で設計される場合が多く、このとき、周波数の変化に伴うBFN出力の変化はアンテナ特性の劣化原因となる。本論文では、TEM線路を用いた、出力位相分布の周波数に対する1次の依存性が小さいBFNの体系的設計法を提案している。

第5章では、展開面貼り付け法によるグリッド反射鏡アンテナの偏波グリッド作成法に関する研究成果について論じている。グリッド反射鏡アンテナは、その反射面を多数の細い導電性グリッド(偏波グリッド)で構成したアンテナで、低交差偏波特性を実現する。本論文では、従来の平面パターンのエッチング技術を用いて、曲面で構成された鏡面上に容易に偏波グリッドを作成できる、展開面貼り付け法の具体的手順を明らかにしている。

第6章では、曲面状周波数選択鏡面(FSS: frequency selective surface)の共振素子配列法に関する研究成果について論じている。曲面FSSは、オフセット鏡面系における交差偏波消去系の構成や鏡面修整技術の適用を可能とする、多周波数

帯共用反射鏡アンテナにおける空間での分波器として有効である。FSSの周波数選択特性は共振素子の2次元的な周期配列により実現されるが、一般に、曲面上では完全な周期配列を実現できない。本論文では、曲面上に近似的な周期配列を実現する、新しい曲面FSSの共振素子配列法を提案している。

第7章では、結論として、本研究の成果と今後の展望を論じている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、衛星通信用反射鏡アンテナの多機能化に関する技術項目に対して、新規性・独創性を有する新たな設計手法の提案を行うとともに、設計例の提示と汎用的な解析手法や試作測定による検証とを行っている。

第2章では、単一反射鏡による波面収差の一般的な表現を幾何光学的に導出し、単一反射鏡形式大ビーム分離角マルチビームアンテナの特性を体系的に論じている。また、単一反射鏡形式大ビーム分離角2ビームアンテナの最適構成が、回転楕円面鏡に補正項を加えた鏡面を用いたものであることを解析的に導出することに成功した。さらに、電流分布法による数値解析結果との比較により、結果を検証していることも重要な成果である。

第3章では、アレー給電反射鏡形式ビーム再成形アンテナで、給電アレーをサブアレーに分割し、サブアレー間の振幅比のみを制御する方式について、手順を踏んだ見通しの良い設計法を提案している。また、国際通信衛星への搭載を想定した設計例を示して、実用的な観点から、提案手法の有効性を検証している。

第4章では、透過位相の周波数に対する1次の依存性を等価的な伝送線路の電気長で表現できることを利用して、BFNの出力に要求される励振係数と接続形式(トポロジー)とが与えられた場合に、単純な操作の繰り返しで出力位相分布の周波数依存性の小さいBFNを設計できる体系的設計法を構築している。また、設計例を示して、提案した設計手法の有効性を実証している。

第5章では、従来直感的な方法が示されているのみであった曲面上パターンの平面への展開法を解析的に導出し、これを適用した展開面貼り付け法によるグリッド反射鏡アンテナの偏波グリッド作成法の具体的手順を明らかにしている。さらに、提案手法の誤差を定量的に評価するとともに、製作したアンテナの測定結果を示して有効性を検証している。

第6章では、平面上の完全な周期配列を曲面上へ写像することで、曲面上に近似的な周期配列を実現する、新しい曲面FSSの共振素子配列法を提案している。また、提案手法の配列誤差を従来の曲面FSS作成法と定量的に比較すると共に、本方法を用いて鏡面修整した副鏡上へ共振素子を配列した例を示し、その有効性を確認している。

上記の成果は、いずれも開口面アンテナ分野における最先端の研究成果であり、国際的論文誌にも発表され高い評価を受けている。また、いずれも実際の製品化に結び付き、その有効性が実証されている点も高く評価できる。

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11月30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。