

学 位 論 文 題 名

放送衛星搭載用アンテナの研究

学位論文内容の要旨

直接衛星放送は、サービスエリアの広域性、地理的障害の克服、耐災害性、放送の機動性、チャンネル数を増加できることなどの点が特徴であり、放送サービス内容の充実とともに今後益々需要が増大する方向にある。更に地域別衛星放送、HDTV放送、デジタル放送、文字放送など将来のマルチメディア化に対応した新しいサービスを提供できる可能性を有しており、社会からの衛星放送に対する注目、期待も高く、直接衛星放送は今後多様化して更に発展することが期待できる。このような将来の直接衛星放送への要求に対し、放送衛星搭載用アンテナにおける技術革新が果たす役割は非常に重要である。

今後の放送衛星搭載用アンテナにおける技術課題として、受信アンテナの小型化や降雨減衰の補償のための高利得アンテナ技術、サービスエリアに効率良く電波を放射するためのビーム成形技術、地域別衛星放送を実現するマルチビームアンテナ技術、周波数資源の有効利用のための周波数再利用を行うための低サイドローブ化技術、新しい放送サービスの実現に有効である新しい高い周波数帯を利用するための高周波技術などがあげられ、将来の衛星放送の発展に向けてこれらの技術課題を克服することの意義は非常に大きい。そこで、本研究では、現在利用されている 12GHz帯における衛星放送と新しい周波数帯である 21GHz帯を利用した衛星放送の二つの場合について特に注目し、各々の衛星放送の発展に向けて今後解決すべきアンテナ技術についての研究を行った。

今後の 12GHz帯衛星放送の衛星搭載アンテナにおいて最も重要な技術課題は、わが国の領域にできるだけ効率良く電波を放射するためのビーム成形技術と高出力化に対応できるようなアンテナ構成である。鏡面修整による高度成形ビームアンテナはこのような目的に対して最も有効なアンテナ方式であり、本研究の第一の研究テーマとして取り上げている。具体的には、アンテナ開口面分布とビーム成形度の関係について言及し、高度成形ビームアンテナの設計に重要な設計指針を明らかにした。ここで、位相分布のみを調整する単一修整反射鏡アンテナが有効であることを主張している。次に、このようなアンテナを設計する方法として等価アレー法による鏡面修整法を提案し、この方法が良好な成形ビーム特性を実現でき発展性の高い有効な方法であることを明らかにした。実際に、1997年打ち上げ予定の次期放送衛星（BS-4）を目的としたアンテナ設計および特性解析を行い、従来の衛星放送に比較してわが国の周辺地域での利得向上がはかれることを示すとともに、いままで明らかでなかった鏡面誤差による特性への影響などについて明確にした。

21GHz帯衛星放送は全く新しく利用される周波数帯であり、HDTVやデジタル放送

などの新しい放送サービスに有効である一方で、降雨減衰が大きくアンテナ利得をかなり高くする必要がある。このためアンテナのマルチビーム化は必須であり、同時に周波数再利用のための低サイドローブ化が重要になる。そこで、本研究では、第二の研究テーマとして高利得化・低サイドローブ化マルチビームアンテナを取り上げている。具体的には、最も厳しい条件であるFM変調によるHDTVを想定し、他に類のない46dBi以上の高利得化、35dB以上のビーム間アイソレーションを実現するための低サイドローブ化を達成するためのアンテナ構成および設計法を明らかにした。更に、1997年打ち上げ予定の通信放送技術試験衛星(COMET S)の放送用アンテナの電気性能確認モデルの開発を行い、提案する方式、方法により21GHz帯衛星放送に要求される特性が満足されることを確認した。この研究の中で、幾何光学的回折理論(GTD)を用いて反射鏡アンテナを高速に解析する方法を示し、従来の方法に比較して数十分の一程度の短時間で解析が行える有効な方法であることを示した。アンテナ方式としては、反射鏡と主給電ホーンと副給電ホーンにより構成される新方式の一次放射器により構成される方式を提案し、この方式が高利得・低サイドローブを同時に達成するために最も有効な方式であることを明らかにした。また、一次放射器の励振分布を設定するための方法として、方向拘束付電力最小化(DCMP)法によるマルチビーム指向性合成法を開発し、この方法がメインビームの高利得化および狙った領域に対するサイドローブのみを効率的に低減化することのできる有効な方法であることを明らかにした。更に、アンテナを開発する上で重要である一次放射器の励振誤差による特性の影響を明らかにし、一次放射器の励振分布を高精度に実現するために有効な給電系構成および励振分布設定法を明らかにした。

ところで、21GHz帯衛星放送において、デジタル変調による衛星放送がサービスされる可能性も考えられる。この場合には、ビーム間アイソレーションの要求レベルがFM変調に比較して低く、このような条件に対して最も有効なアンテナ方式を検討することも重要である。そこで、本研究では、鏡面修整によって複数の低サイドローブ化されたビームを放射するマルチ成形ビームアンテナを提案し、等価アレーによる鏡面修整法を発展させた設計法と解析結果を示すことにより、このアンテナ方式がデジタル変調による21GHz帯衛星放送に有効であることを明らかにした。

本研究の成果は、将来の衛星放送の搭載を目的としたアンテナのさまざまな技術課題を克服したものである。この研究結果は、今後の衛星搭載アンテナの進歩、発展に少なからず貢献、寄与できるものと期待される。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 伊 藤 精 彦

副 査 教 授 小 川 吉 彦

副 査 教 授 小 柴 正 則

学 位 論 文 題 名

放送衛星搭載用アンテナの研究

衛星放送は、サービスエリアの広域性、地理的障害の克服、耐災害性などの利点を有しており、放送サービス内容の充実とともに今後益々需要が増大する方向にある。更に地域別衛星放送、HDTV放送、ディジタル放送、文字放送など将来のマルチメディア化に対応した新しいサービスを提供できる可能性を有しており、今後更に発展することが期待できる。このような将来の衛星放送への要求に対し、放送衛星搭載用アンテナにおける技術革新が果たす役割は非常に大きいと言える。今後の放送衛星搭載用アンテナにおける課題として、高利得アンテナ技術、ビーム成形技術、マルチビームアンテナ技術、低サイドローブ化技術、高周波技術などがあげられ、将来の衛星放送の発展に向けてこれらの技術課題を克服することは非常に重要である。

本論文は、現在利用されている12GHz帯における衛星放送と新しい周波数帯である21GHz帯を利用した衛星放送の二つの場合について、各々の衛星放送の発展に向けて今後解決すべきアンテナ技術についての研究結果をまとめたものであり、主要な成果は以下のように要約される。

1) 今後の12GHz帯衛星放送の衛星搭載アンテナにおいて最も重要な技術課題は、わが国の領域にできるだけ効率良く電波を放射するためのビーム成形技術と高出力化に対応できるアンテナ構成である。これを実現する鏡面修整アンテナの設計法として、等価アレー法を提案し、この方法が良好な成形ビーム特性を実現でき、発展性の高い有効な方法であることを明らかにした。その結果を次期放送衛星搭載用のアンテナ設計および特性解析に適用している。

2) 21GHz帯衛星放送は全く新しく利用される周波数帯であり、HDTVやディジタル放送などの新しい放送サービスに有効である一方で、降雨減衰が大きくアンテナ利得をかなり高くする必要がある。このためアンテナのマルチビーム化は必須であり、同時に周波数再利用のための低サイドローブ化が重要になる。本研究では、最も厳しい条件であるFM変調によるHDTVを想定し、他に類のない46dBi以上の高利得化、35dB以上のビーム間アイソレーションを実現するための低サイドローブ化を達成するためのアンテナ構成および設計法を明らかにした。更に、1997年打ち上げ予定の通信放送技術試験衛星(COMET S)の放送用アンテナの電気性能確認モデルの開発を行い、21GHz帯衛星放送に要求される特性が満足されることを確認した。この研究の中で、幾何光学的回折理論(GTD)

を用いて反射鏡アンテナを高速に解析する方法を示し、従来の方法に比較して数十分の一程度の短時間で解析が行える有効な方法であることを示した。また、一次放射器の励振分布を設定するための方法として、方向拘束付電力最小化(DCMP)法によるマルチビーム指向性合成法を開発し、この方法がメインビームの高利得化および狙った領域に対するサイドローブのみを効率的に低減化することのできる有効な方法であることを明らかにした。

3) 21GHz帯衛星放送において、ディジタル変調による衛星放送がサービスされる可能性も考えられる。この場合には、ビーム間アイソレーションの要求レベルがFM変調に比較して低く、このような条件に対して最も有効なアンテナ方式を検討することも重要である。そこで、本研究では、鏡面修整によって複数の低サイドローブ化されたビームを放射するマルチ成形ビームアンテナを提案し、等価アレーによる鏡面修整法を発展させた設計法と解析結果を示すことにより、このアンテナ方式がディジタル変調による21GHz帯衛星放送に有効であることを明らかにした。

これを要するに、著者は、放送衛星搭載用アンテナにおいて重要となる技術を展開し、衛星放送の発展に貢献する技術上有益な新知見を得たものであり、アンテナ工学の進歩に寄与するところ大である。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。