

氏 名	別 段 信 一
授 与 学 位	工 学 博 士
学 位 授 与 年 月 日	昭 和 59 年 1 月 11 日
学 位 授 与 の 根 拠 法 規	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項
最 終 学 歴	昭 和 38 年 3 月 東 北 大 学 工 学 部 通 信 工 学 科 卒 業
学 位 論 文 題 目	カセグレンアンテナの広角サイドローブ低減に関する 研究
論 文 審 査 委 員	東 北 大 学 教 授 虫 明 康 人 東 北 大 学 教 授 西 田 茂 穂 東 北 大 学 教 授 安 達 三 郎 東 北 大 学 助 教 授 米 山 務

論 文 内 容 要 旨

第 1 章 序 論

近年、人工衛星などの発達に伴ない、従来の地上マイクロ波回線に加え各種衛星通信回線や衛星放送などが盛んになっている。この増大する通信需要に対処するために、有限な周波数スペクトルと有限な静止衛星軌道の多重使用が計画・実施されつつある。このために、輻輳する各種無線通信回線間の電波干渉が通信回線容量や回線品質を大きく左右しつつあり、アンテナの広角サイドローブ低減が必要である。

カセグレンアンテナの広角サイドローブに寄与する要因として(i)主反射鏡の開口分布、(ii)副反射鏡のブロッキング、(iii)副反射鏡支持柱のブロッキング、(iv)一次放射器の放射パターン、(v)主・副反射鏡の鏡面の凹凸による散乱波および(vi)パネル間隙の回折・漏洩波が考えられる。

本論文は、このカセグレンアンテナの広角サイドローブに寄与する要因の定量的な解析手法を確立し、主要因による広角サイドローブの低減方法を明らかにするとともに、それらの手法を用いて衛星通信地球局アンテナに対する要求性能を充分満たし得る大口径カセグレンアンテナの実現を計ることを目的として研究を行ったものである。

第 2 章 コルゲート円錐ホーンの広角放射特性の改善

本章では、衛星通信地球局アンテナなどの自己追尾誤差信号として用いられる高次モード波も伝

送可能なコルゲート円錐ホーンの放射特性を解析し、広角放射特性の改善を目指す場合の設計パラメータの選定指針を明らかにした。特に、不要な高次モード波が存在する場合の放射特性劣化を初めて明らかにした。更に、オーバサイズ円形導波管に接続されたコルゲート円錐ホーンの変換器設計における問題点を明らかにし、広角放射特性の改善を目指した変換器の設計指針を示し、それに基づいて設計したコルゲート円錐ホーンの模型実験により、その有効性を確認した。

得られた主な結論は次の通りである。

- (1) ビーム回転対称性とサイドローブレベルを希望の値にするための基本モード波に対するコルゲートのパラメータと、不要な高次モード波の許容値の選定基準を明らかにした。
- (2) -20 dB ビーム幅を広帯域にわたり一定にするためのホーンの位相誤差を表すパラメータ t の選定基準を示した。
- (3) 不要高次モード波への変換量はコルゲートの特性を表すパラメータの変化量に依存しているので、コルゲート変換器設計にはその変化量を制御し、変換器全体として不要高次モード波への変換量を少なくする手法を用いるのが有効である。
- (4) 不要高次モード波として HE_{12} モード波を考慮すれば、オーバサイズコルゲート円錐ホーンの放射特性がほぼ計算できる。

第3章 集束ビーム形一次放射系の広角放射特性の改善

衛星通信地球局用などの大口径アンテナの一次放射系として、円錐ホーンと複数枚の反射鏡から成る集束ビーム形一次放射系が使用されている。この系の伝送特性や放射特性については従来より種々研究されているが、この系に要求されるビームの回転対称性（交差偏波成分）、広角放射特性（スピルオーバー電力）、広帯域特性を総合的に扱ったものが無く、それらを考慮しながら、広角放射特性の改善を目指した設計法の確立が必要である。

本章では、伝送特性解析用に研究されたビームモード展開による解析法と2次曲面鏡による波面の変換式を組合せ、交差偏波成分と広帯域特性を許容範囲内に制御しながら広角放射特性の改善を行う設計法を研究した。この方法により、従来試行錯誤的に決められていた集束ビーム形一次放射系の諸パラメータ（反射鏡形状やホーン寸法など）を最適にできる。

この設計法の開発と模型実験により、次の事柄が明らかになった。

- (1) 交差偏波成分を許容値以下にし、スピルオーバー電力を最小にできる。
- (2) スピルオーバー電力を許容値以下にし、交差偏波成分を最小にできる。
- (3) 交差偏波成分の許容値を大きくするとスピルオーバー電力の最小値が小さくなる。
- (4) ビームモードに展開する方法での計算値と実測結果とが良く一致する。
- (5) この設計法により、交差偏波ピーク -33 dB 以下、広角放射特性が C C I R 基準曲線より 10 dB 良好な系が広帯域にわたり実現できる。

第4章 軸対称形カセグレンアンテナの広角サイドローブ低減

軸対称形カセグレンアンテナの広角サイドローブには、前述の種々の要因が寄与するが、これら

を総合的に扱い、サイドローブ低減を主偏波および交差偏波に対して行った研究が無い。

本章では、まず、広角サイドローブに寄与する要因を実験的に考察し、副反射鏡のブロッキング、エッジ回折の寄与を明らかにし、さらに、開口分布の寄与を近似的に求める方法を示した。次に、反射鏡の鏡面誤差の形態を実測データに基づき分類し、それらの放射特性への寄与を定量的に求め、広角サイドローブ低減の指針を与えた。

次に、副反射鏡支持柱の広角サイドローブへの寄与を定量的に求める手法を示し、支持柱形状を改良することによって支持柱による散乱波のピークを低減する方法を提案し、その有効性を模型実験により確認した。

ここで得られた主な結果は次の通りである。

- (1) 反射鏡エッジ回折波レベルはエッジレベルに比例し、反射鏡のエッジ方向では入力レベルより約6 dB 低い。
- (2) 副反射鏡ブロッキングとして、回折波と反射波を考える必要がある。
- (3) 開口分布には放物線分布が適する。
- (4) 誤差相関距離の小さいランダム誤差を小さくする必要がある。
- (5) 副反射鏡支持柱の回折波低減には、背びれ形支持柱が有効である。
- (6) 図1に示すように、広角サイドローブに寄与する要因の電界和でピークを、電力和で平均値を予測できる。

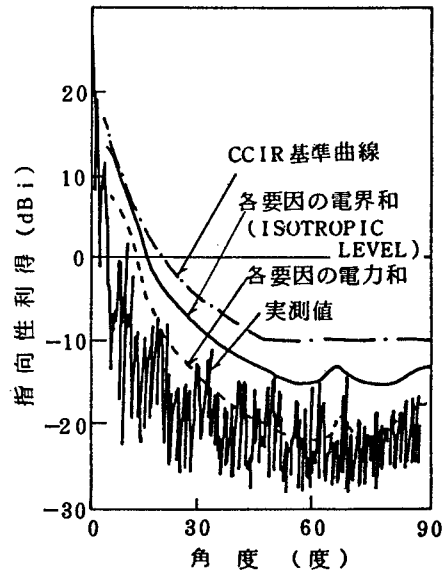


図1 実測値と計算値との比較

第5章 オフセットカセグレンアンテナの広角サイドローブ低減

オフセットカセグレンアンテナでは副反射鏡とその支持柱のブロッキングが無いので、高能率で低サイドローブな特性が期待できるが、従来、非回転対称な反射鏡を用いるため大口径アンテナで高能率・低サイドローブ特性が得られる開口分布を得る方法の研究がなされていなかった。

本章では、まず、大口径アンテナを高能率・低サイドローブ化するための経済的な鏡面修整法として、副反射鏡と補助反射鏡とによる方法を開発し、模型実験により確かめた。次に、この方法では副反射鏡エッジレベルの低減が困難なので、その回折波をGTDで解析し、低減の一方法として副反射鏡周辺に回折波低減用の錐状金属板を装着する方法を提案し、その設計を光線追跡法で行い得ることを示した。更に、従来無視されていたパネル間隙による回折・漏洩波の広角サイドローブへの寄与の計算法を示し、その有効性と問題点を模型実験で確かめた。最後に、これらの研究結果を適用して設計した11.5 m オフセットカセグレンアンテナの実測結果により、その有効性を確かめた。

図2は、サイドローブ低減を行う前後の特性変化で、本論文の研究により広角サイドローブを約8 dB低減し得た。

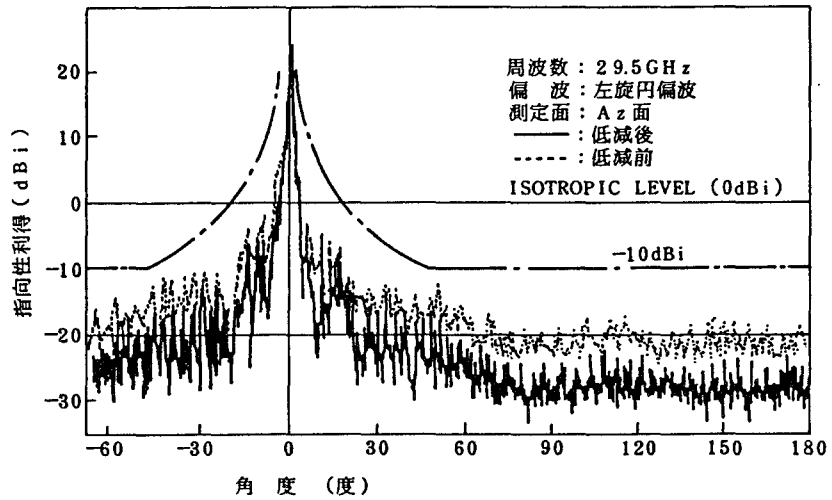


図2 広角サイドローブレベル低減前後の比較

第6章 結 論

本論文では、衛星通信地球局アンテナに要求される高能率で、しかも良好な広角サイドローブ特性を有するカセグレンアンテナの実用化を主目的とし、従来、部分的にしか研究されていなかった広角サイドローブの計算法を開発し、広角サイドローブ低減を目指した設計法を研究した。

すなわち、第2章、第3章で広角サイドローブ低減を目指した一次放射系の設計法を論じ、第4章で軸対称形カセグレンアンテナの広角サイドローブの計算法および低減法を、第5章でオフセットカセグレンアンテナの設計法、広角サイドローブ低減法を明らかにした。

これらの結果を適用し、34 m 軸対称形カセグレンアンテナで広角サイドローブレベルを約5 dB低減し、設計目標としたCCIR基準曲線を全偏波、全立体角で満たす特性を得た。また、11.5 m オフセットカセグレンアンテナで広角サイドローブレベルを5～8 dB低減し、CCIR基準曲線より10～15 dB良好な特性を実現し、本研究の有効性を確認した。

審 査 結 果 の 要 旨

衛星通信の発達に伴い、電波による各種通信回線が益々輻輳し、回線間の電波干渉が大きな問題となって来たため、アンテナの広角サイドローブを低減させる必要が生じて来た。著者は、マイクロ波衛星通信用大口径カセグレンアンテナについて、広角サイドローブを低減させることを主眼とした設計法の研究を続け、理論的検討とモデル実験などにより、主反射鏡、副反射鏡、一次放射系等の新しい設計法を導き、設計例によりその有効性を確認した。本論文は、これらの研究成果をまとめたもので全文6章よりなる。

第1章は序論である。

第2章と第3章は、カセグレンアンテナの広角サイドローブの要因として著者があげている6項目の中の、一次放射系について述べたものである。著者は、放射源として自己追尾信号も同時に伝送可能なコルゲート円錐ホーンを取り上げ、主としてその変換器部分の設計について詳細なる検討を行った結果を第2章に述べている。また、給電系として集束ビーム形を取り上げ、交差偏波成分と広帯域性を許容範囲内に制御しながら広角放射特性を改善する設計法を第3章に示している。得られた設計資料は、いずれもモデル実験による裏付けが行われており、今後この種の設計に広く活用できる貴重な資料である。

第4章では、軸対称形カセグレンアンテナの一次放射系以外の要因による広角サイドローブについて、理論と実験の両面から順次定量的に吟味し、その性質や低減方法などを示している。さらに、サイドローブの総合特性において、ピーク値は各要因による電界の和により、また、平均値は電力和により予測できることを、設計例により明らかにしている。これらは有用な新しい知見である。

第5章では、主反射鏡が軸対称でない場合について、高能率・低サイドローブを得るための開口面分布の設計法を明らかにした後、オフセットカセグレンアンテナについて前章と同様な検討を行っている。これらの研究成果を集積して設計した口径11.5 mのアンテナの実測性能においては、広角サイドローブが約8 dB低減されていることを示し、本設計法の有効性を確認している。

第6章は結論である。

以上要するに、本論文は、カセグレンアンテナについて広角サイドローブを低減させることを設計条件の一つに加えた新しい設計法の詳細を明らかにすると共に、それに関連する種々の新しい知見を与えたもので、通信工学に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。