

多モードホーンによるホーンの小型化の検討 (VERA UM)

1 目的

国立天文台VSOP室 氏原秀樹

- ・VSOP2衛星アンテナ用ホーン。機器体積・重量への制限が厳しい。
 - ・既設電波望遠鏡へ低周波帯受信機の追加。やはり、容積が厳しい。
- 従来ホーンに比べて軸長を短縮、口径を縮小し、軽量で振動に強い構造を目指す。

2 構造

- ・複数のフレア角、直線導波管の組み合わせ。
- ・所望の開口面電磁界分布が得られるよう、高次モードの発生量をフレア部で、位相差をフレア部と直線部で制御する。

3 解析方法

・ホーン内部を伝送回路に見立て、一般化された伝送方程式[1]により、モード間相互の電力の収受を評価。フレア部の電磁界も直線導波管の高次モードで展開するので、フレア部と直線部、開口面でのモード変換を考えずにすみ、設計の見通しが立てやすい。

・しかし、文献[1]では電圧・電流で伝送方程式のモードを表現していて、遮断モードで振幅が増大する解を排除できない。著者らは遮断周波数よりかなり低い高次モードを省略した計算で、困難を避けている。そこで、電力振幅で方程式を書き直したが、共鳴となる領域で発散して精度が低下することがある。したがって、領域に応じて、計算方法を切り替えることを検討中。

とりあえず、現状でもホーン内部での各モードの振る舞いの概略はわかるので、伝送方程式法の結果を考慮しつつ、ホーンのビームパターンの計算にはChampを使用した。

・ChampはFortran77のソースとMSDOS用バイナリしか手元になく、MSDOS上ではバッチ処理が非常に不便だった。Linux上で再コンパイルするのは面倒だったので、Windows環境のエミュレータソフトのwineを利用して実行した。

4 結果

・文献[1]のホーンをテストに用いた。現在、VSOP2で検討中のホーンでは、周波数[GHz]と開口半径[mm]の積が520~560くらい、ここに挙げた計算例では周波数30GHz、開口半径18mmで、その積は540で、ビーム幅は大体同程度。軸長は[1]のストレートホーンでもすでに20%短い。

・ストレートホーンを図2に、その軸長より20%短い二段フレアホーンを図3に示す (VSOP2で検討中のものより40%近く短い)。二段フレアホーンに直線部を加えたものは図4で、文献[2]を参考にし、比帯域10%程度が確保できた。しかし開口面でのモードが増えたので口径は10%大きくなってしまった。

・それぞれの外形を図1に示す。比較用にコルゲートホーンの実算例を図5に示す。コルゲートの溝幅は $1/8\lambda$ 、溝深さとピッチは $1/4\lambda$ 、設計波長は30GHz、ホーン外形は図2のストレートホーンと同じ(図1左上)としたので、溝は28本を切った。確かに特性は良いのだが、溝幅は43GHzで1mm程度となる。

5 今後

・多モードホーンは、高周波側には製作の容易さ、低周波側にはコンパクトさが利点がある。フレアの段数を増やすことで設計自由度が増えるが、高次モードをビームの制御に活用するには一定の口径が必要なので、設計自由度は口径縮小より軸長の短縮に使う。

・Champでは内部の電磁界がわからなくて見通しが悪いので、伝送方程式法で正確に、高次モードを省略せずに解けるようにし、特性の最適化処理を自動化したい。

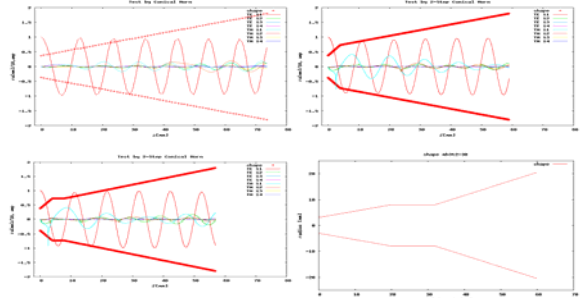


図1 ホーンの外形(設計周波数は全て30GHz)

左上: ストレート
右上: 二段フレアで軸長さを短縮
左下: 二段フレアに直線部を加え、帯域中心で交差偏波特性を改善。今秋の天文学会発表と同じ
右下: さらに、直線部、フレアの位置と長さ、口径を変更して、比帯域を改善(図4)

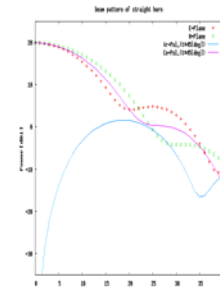


図2 ストレートホーンのビームパターン(30GHz)

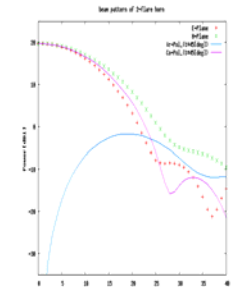


図3 二段フレアホーンのビームパターン(30GHz)

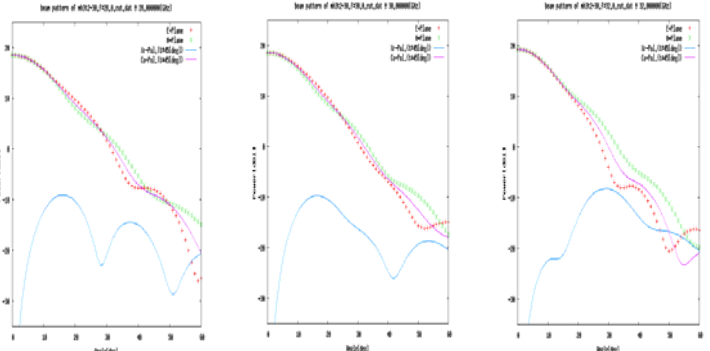


図4 二段フレアに直線部を加えたホーンのビームパターン(左から28GHz,30GHz,32GHz)

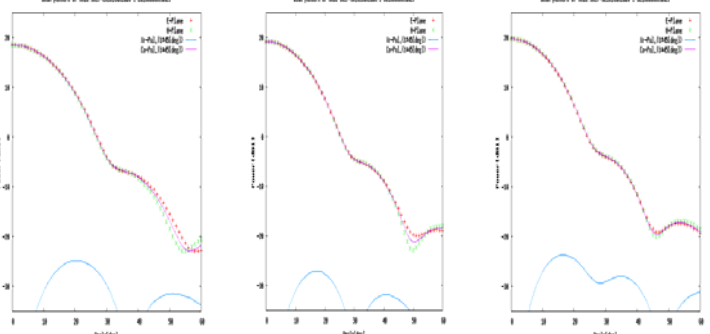


図5 コルゲートホーンのビームパターン(左から28GHz,30GHz,32GHz)

[1] "一般的な伝送方程式を用いたフレア形マルチモード円すいホーンの解析" 出口博之ほか 電子情報通信学会論文誌 VOL.J79-B-II No.1 pp.33-41

[2] "12/14GHz帯ダブルフレア形トリプルモードホーン"

蛭子井貴、石田修己 電子情報通信学会論文誌 VOL.J73-B-II No.10 pp.546-553