

VERA用6.7GHz多モードホーンの設計 (15)

氏原秀樹(国立天文台スペースVLBI推進室)、本間稀樹(国立天文台VERA観測所)、
小川英夫、木村公洋、利川達也(大阪府立大学)

1 目的

VSOP2衛星では、コンパクトで偏波特性がよく、構造が単純で作りやすくて振動に強い一次放射器が望ましい。
・ストレートホーンは構造は単純だが、交差偏波特性が悪い。
・コルゲートホーンは低交差偏波・広帯域だが、溝の深さ分の外径が膨らむ上、製作が大変。
VSOP2の比帯域は、各周波数帯とも10%程度にすぎない。そこで、仕様を満たしたうえで軸長の短縮も見込める一次放射器として多モードホーンを提案し、開発を行ってきた。

VERAなどの既設地上望遠鏡では、特に低周波ホーンの追設が難しい。場所の確保が問題である。
VSOP2での結果を踏まえて、VERA用にコンパクトな6.7GHzホーン的设计を行った。

- ・軸長さ:最終的に460mm(入力導波管込み)とした。さらに短くするとビームの対称性が悪くなる。
- ・8GHz共用とはしなかった(できなくはないが能率は落ちる)。
- ・ホーン的设计(氏原)->アンテナ性能の評価(木村、利川)->設計ヘフィードバック

2 原理と構造

(動作原理)

- ・テーパ導波管、直線導波管の組み合わせで、所望のビーム特性となるような電磁界分布をホーン開口面に作る。
- ・高次モードの発生量はテーパの変化部で、そこに引く続く直線部で基本モードとの位相差を制御する。

(設計手法)

一見簡単そうだが、テーパ角の変わる各区間ごとに半径、長さ、テーパ角がパラメータとなり、設計が難しい。

したがって、設計手法の明確化・容易化のため、つぎのような手順で設計することとした。

1. ホーンを高次モード発生部とビーム幅調整部に分割。
2. 所定の放射角方向での交差偏波を最小化を条件に高次モードの振幅比と位相差を決定。
3. 高次モード発生部の半径は高次モードのカットオフから決定。
4. GRASP付属の円錐ホーンの解析ソフトChampを利用してパラメータサーチをするプログラムを作成し、高次モード発生部の長さを決めさせる。

これらをもとにChampを利用してフレア角を微調整し、試作・測定で最終調整をしていった。

3 VSOP2向けの設計と試作結果

・それぞれのバンドで波長と導波管径の比は異なるが、ビーム形状は同じなので、22GHz帯で基本設計を行い、8GHz、43GHz用にアレンジした(図2)。(試作単価は22GHzが最も安く、近傍界・遠方界の両方で位相の測定可能)。

・これらで、各部の構造を変えた数種類の試作を行っているので、測定結果を紹介する(図3,4)。

- r2.1 2mode 従前の冷却容器での限界寸法。
- r3.1 低域側で2mode,高域側で3mode 同上
- r2.2.2 2mode 改定した冷却容器と光学系にあわせた。最終版。

・開口能率は、r2.2.2では能率最大となる設置位置で69%(大阪府大・木村ほか)。実際の配置で64%,68%,69%の見込み。
・これらアレンジして、VERA搭載用6.7GHzホーンを設計した。開口能率は、最大となる設置位置で62%。実際の設置位置で60%の見込み(大阪府大・木村・利川ほかポスター)。

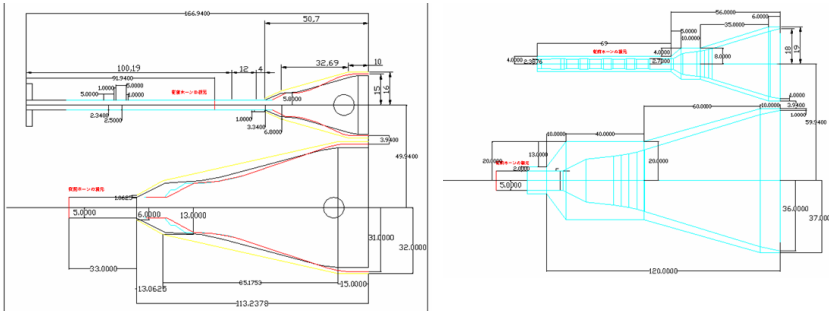


図2 ホーンの図面 上段は43GHz,下段は22GHz。左図の赤線はr2.1,水色はr3.1。右図はr2.2.2

4 VERA向けの試作・測定

- ・r2.2.2をアレンジ。数種類、設計し、光学系の評価を行って最適なものを選んだ。
- ・コルゲートホーンやストレートホーンは単一のモードしか使わない。それらと異なり、多モードホーンは複数のモードを混合してビームを作るので、ビームのエッジレベルだけではアンテナ性能が決まらない。ビーム形状とあわせて評価が必要である。
- ・多数の高次モードを利用して、サイドロブ電力を減らし、主鏡と送受できる電力をあげれば、アンテナとしての感度は上がる。しかし、寸法が増し、設計が複雑になる。
- ・モード振幅比が固定されたとき、ストレートホーンやコルゲートホーンと同様に、エッジレベルには最適値が求まる。これより上げすぎても下げすぎてもいけない。

・試作ホーンは京大生存圏研究所の近傍界スキヤナで測定(木村らの発表)。
性能はほぼ計算どおり。

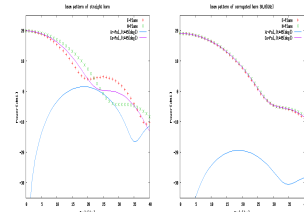
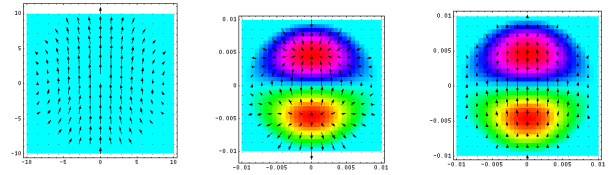


図1 ビームパターンの計算例
左:ストレートホーン
右:コルゲートホーン
開口半径は18mm,周波数は30GHz



ホーン開口面の電磁界分布

- ・左:TE11モード。ストレートホーンの放射パターンを作る。
- ・中:TM11モード。正面には放射しない。これを持ちいてTE11の放射を補正する。
- ・右:TE11とTM11を適切な振幅比と位相差で足したもの。交差偏波成分が小さくなっている。

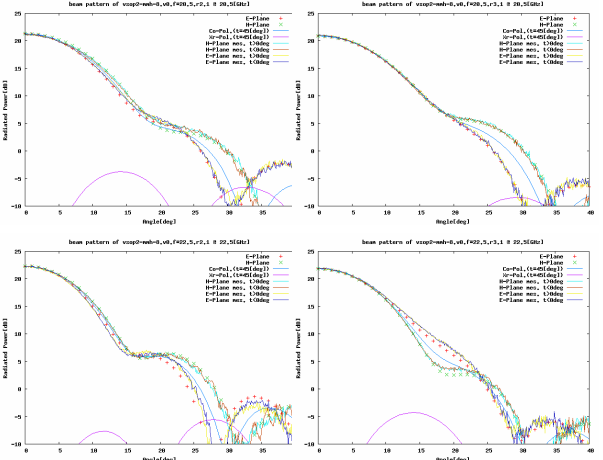


図3 22GHz ホーンのビームパターン 左はr2.1,右はr3.1
それぞれ上から20.5GHz,22.5GHz
赤点はE面、青点はH面、緑線は主偏波、紫線は交差偏波の計算値。
波線は測定値。測定はE面パターン、H面パターンのみ。

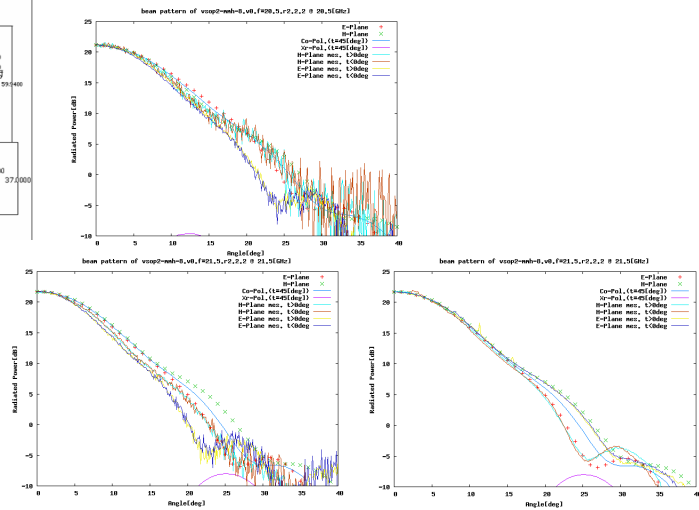


図4 r2.2.2 22GHz ホーンのビームパターン。上から20.5GHz,21.5GHz
赤点はE面、青点はH面、緑線は主偏波、紫線は交差偏波の計算値。
波線は測定値。測定はE面パターン、H面パターンのみ。
右はアンブでS/Nを改善したもの

(参考文献)

- [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] "高効率複モードホーンアンテナ" 蛭子井 貴、片木 孝至。電子情報通信学会論文誌,1982, Vol.J65-B-II, No.5, pp.664-665