

広帯域フィードの開発

氏原秀樹 市川隆一 (NICT), 木村公洋 小川英夫(大阪府立大学), 貴島政親(広島大学), 大野剛志(日本通信機), 中川亜紀治(鹿児島大学), 三谷友彦(京都大学)

0.概要

SKAやVLBI2010に向けた広帯域アンテナ用のフィードを開発中である。目標とする周波数帯域はそれぞれ1-10GHz,2-14GHzである。これまでの2年半、数値シミュレーションとともに京大METLABで試作アンテナの測定を行ってきた。その結果を紹介する。

1.ビバルディアンテナの評価

日通機がHFSSでのシミュレーションと試作を行った。これはSKA-JPで初期に提案されたものである。日本の電波天文学は高周波を狙い、コルゲートホーンとパラボラアンテナで成功してきたが、逆に本研究のようなアンテナにはノウハウがない。また、UWBなどの広帯域無線の分野ではアンテナの遅延特性は問題だが、広く輻射する方が望ましいためビームパターンの制御は問題ではない。したがって、まずはTSAタイプで試作を行い、問題点を洗い出すこととした。

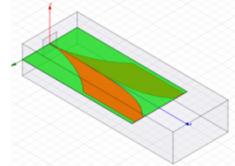
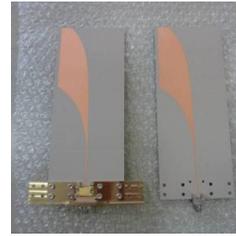


Fig.1a
アンマウント無しの
数値モデルと実機

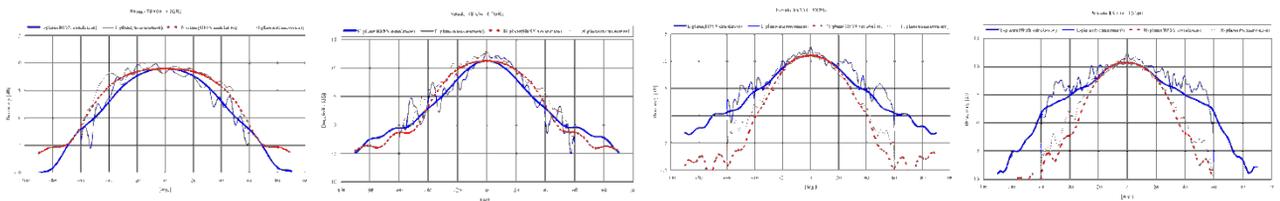


Fig.1b近傍界でのビームパターン。破線が測定値、実線がシミュレーション。左から.2GHz,6.7GHz,10GHz,12GHz

仕様:テーパスロットアンテナ(TSA)の一種で、アンテナ基部にアンマウント付き
基板サイズ:WxLxH=100x150x0.5mm, 比誘電率 $\epsilon_r=4.5$ (ARLON450)

(結果)

測定されたビームの非対称性は、数値モデルでアンマウントを考慮すると再現できた。つまり、マウントの影響を考えて設計する必要があり実用的ではないので、現在はアンマウントは考慮せずにフィードの開発を行っている。

また、「テーパラン」と呼ばれる根本の部分は電磁界分布のモードと線路のインピーダンスの変換を行っているのみであり、電流の平衡・非平衡変換を行っていないのは形状から明らかである。つまり「ラン」ではないし、実際のところランの必要性もないのでランの開発は行わなかった。このようなTSAタイプのアンテナは基板の表裏に導体があり、マイクロストリップ線路とつなぎやすい反面、基板の中で電界がねじれて交差偏波を大きくするし、線路部以外のインピーダンスの計算が難しい。したがってTSAは候補から除外することとした。

2.ダブルリジッドホーン

市販品が既にあり設計も確立されているが、リッジが無いままフレア角度を変えずに開口部だけを延長して、低コストにビームを絞ることを目標にシミュレーションを行った。Case1の寸法はSCHWARZBECK BBHA9120A.(WxHxL=285x238x190mm)をもとにした。Case 2 は軸長さをL+150mm,case 3 はL+300mmである。形状は綺麗ではないが、軸長の延長とともに狙い通りにビームが細くなるのが確認できた。



Fig.2a 実機(case1)

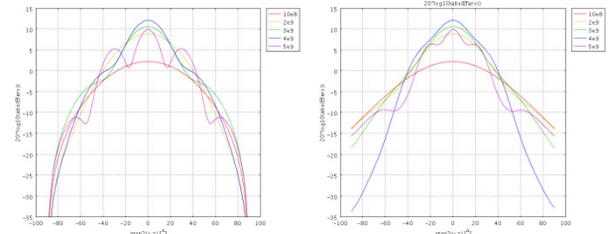


Fig.2b E/H面ビームパターン(case1).

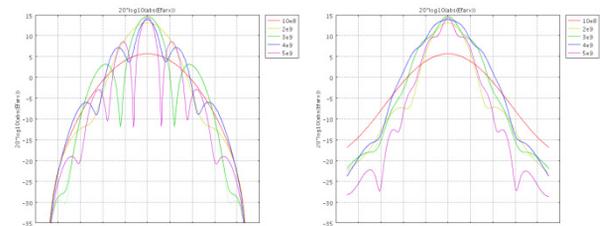
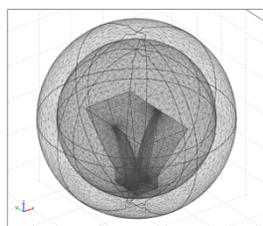


Fig.2c モデルのメッシュと E/H 面ビームパターン(case 2).

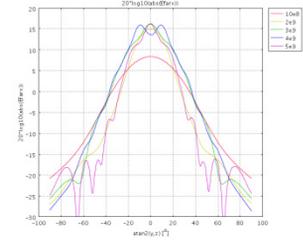
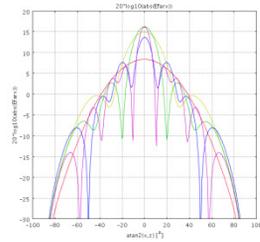
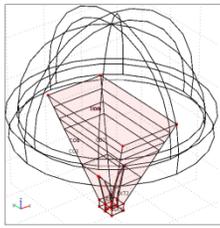


Fig.2d モデル形状とE/H 面ビームパターン(case 3).

3. クワッドリッジホーン

ダブルリッジホーンで両偏波対応としてみたものをCOMSOでシミュレーションした。計算モデルの寸法はWxHxL=300x300x320mmであり、アレイ化を考慮して正方形の開口とした。入力ポートのモデルの近似に問題があり損失の計算は正しくなかったが、ビームを整形するホーンと内部の放射器をわけて検討すると設計が容易になると思われる。

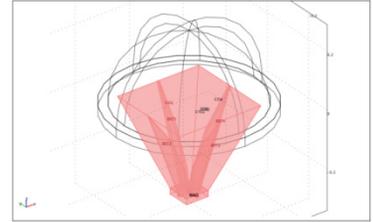


Fig.3a
クワッドリッジホーンの数值モデル形状。

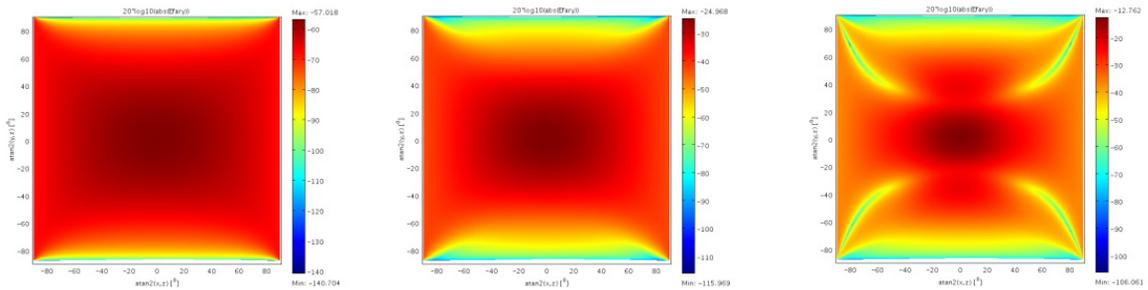


Fig.3b COMSOLによる遠方界ビームパターン .左からf=0.5GHz,1.0GHz,2.0GHz .

4. 4素子TWA(試験中)

今年度は基板の片面のみに線路を設けた進行波アンテナ(Traveling Wave Antenna)を試作し、両偏波対応とビーム性能のために4素子アレイに組んで性能測定を行った。TSAと異なり、基盤内での電界がねじれがないし、線路のインピーダンスの計算が楽である。したがって、見通しの良い設計ができる。基部にバランはないがビームの対称性はよく、測定上の問題はないことがはっきりした。今回使った基板の比誘電率は6であり、不要な輻射やカップリングが抑制された。素子配置の都合で教科書通りの綺麗な回折ローブが発生しているが、これは放射素子の小型化で回避できる。同時に高周波側の特性も改善され帯域が広がる。

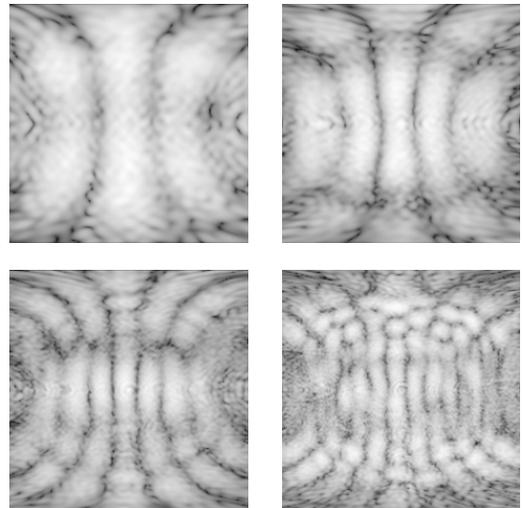
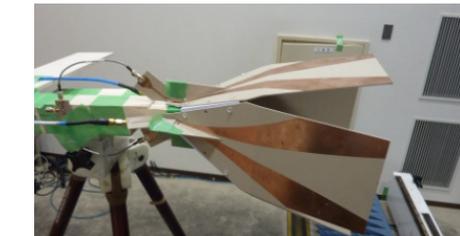


Fig.4a 4素子TWA

Fig.4b 4素子TWAの遠方界ビームパターン。
左上:3GHz,右上:4GHz,左下:6GHz,右下:8GHz。



5. まとめと今後の予定

TSAの試作と評価から測定と設計上のノウハウが得られたが実用的でないので、TWAで実用化を目指すこととした。LNAからフィードへの漏れ込みは問題になりうるが、LNAとともに冷却したマーシャントバランなどで抑制したい。初期モデルはビーム幅が広いので、MARBLEなど小型のパラボラでのテストを予定している。また、広帯域ハイブリッドも市販されてはいるが回路損失が大きい。しかし用途によっては円偏波のニーズがあるので、高速サンプラと組み合わせた円直偏波変換の試験を予定している。ゆくゆくは、海外や無線分野で行われているようにフィード単体でのビーム整形はそこそこにしてアレイ・フィードと計算機かFPGAでのデジタル・ビームフォーミングを狙いたい。

TSAの試作・シミュレーションでは(株)日通機、TWAの加工では国立天文台の山下一芳氏に感謝します。