

広帯域クアッドリッジアンテナの開発

大阪府立大学 長谷川 豊 他

1. 概要

現在世界で広く研究されているリッジアンテナは、総じて広帯域にわたって充分に実用可能なアンテナ特性を持ち、また同軸ケーブルで信号を取り出すタイプの物であれば直接 HEMT 等に接続できるなど利便性が高い。本研究では、オリエントマイクロウェーブ社が開発したクアッドリッジアンテナに対して電磁界解析ソフト HFSS を用いたシミュレーション解析を行い、その結果得られたアンテナ特性を実測の結果と比較して評価した。さらに今後の開発方針についても本レポートで述べていく。

2. シミュレーション解析の方法

アンテナのモデリングは実物から各寸法を実測して行った。ただし同軸変換部などの実測が不可能に近い場所は、標準のコネクタ等の図面を参考にしてモデリングした。また、アンテナの材料は標準のアルミニウムとした。次に解析空間の設定だが、このアンテナは基本的に常温常圧での使用が主となるので、常温の空気の箱を用意してその境界面を Radiation 境界に設定した。また解析空間の大きさはアンテナとの距離が $\lambda/4$ 以上となるように設定した（これらの設定によって、解析空間の境界面で発生する反射はほとんど計算されない事になる）。

励起ポートは、アンテナ側面にある同軸コネクタ部に 2 個設定した。これらのポートから出た電磁波は、一度同軸ケーブルを伝って導波管部で再放射される。同軸ケーブルの材料は芯線を銅、誘電体はテフロンを設定し、外部皮膜のかわりに Perfect E 境界を設定した。実際は外部皮膜は理想的なグランドとして働く事が出来ないので、この境界条件は多少強引であると思われる。

その他の細かな設定としては、メッシュの 1 辺の最大長を $\lambda/4$ に設定した。またメッシュの生成方法に関しては Import Mesh 法を用いて 2GHz, 10GHz, 18GHz の 3 つの周波数で最適化して生成させた。最後にメッシュを切る精度だが、各 S パラメーターの誤差 Max.dS が 0.005 (全体での誤差が 1% 未満の状態) になるまで精度を高めた。

3. 解析結果と実測との比較

上記の解析モデルを 2~18GHz の範囲で 1GHz 毎に Discrete 解析した。この Discrete 解析は遠方界のビームパターン等も高精度で求められる。次に、京都大学の電波暗室にて実測したビームパターンと解析の結果を比較すると、4GHz 以下の低周波領域では若干の誤差が見られたもののそれ以外の領域では非常によく一致している事が分かった（ポスター参照）。

この結果から、今回私が行ったシミュレーション解析はある程度信用できるものだと言える。また HFSS の解析精度が実証できたとも言える。

4. 今後の展開・開発目標など

3. でも記したように、遠方界のビームパターンは非常によく一致していたがその他の特性、特にリターンロスについては実測データと大きく違う解析結果しか得られなかつたので、今後はこれらの特性についても考察していくこうと思う。また本研究により HFSS を用いた解析手法が確立できたので、現在はこれを用いたよりよい性能を持つ 2~18GHz 帯域用アンテナの開発を進めている(図 1)。

現状では、2GHz 帯域周辺でのリターンロスを -20dB 以下まで低下させることができている(元のアンテナはこの帯域のリターンロスが悪く、改善すべき課題であった)。ただしこのモデルは 10GHz 帯でのリターンロスが -3dB 以上と非常に悪く、これを改善する方法を現在検討中である。またビームパターンを自在に変化させる方法も研究中で、現在はキャビティ部に半球を付け加えることでビームパターンを変化させる方法を検討している。しかしこの方法では限られた周波数帯域しか変化させないので他に良い方法が無いか模索している(図 2)。

6. 謝辞

本研究を進めていくにあたり、株式会社オリエントマイクロウェーブの皆様には大変お世話になりましたのでこの場を借りて深く感謝の意を示します。

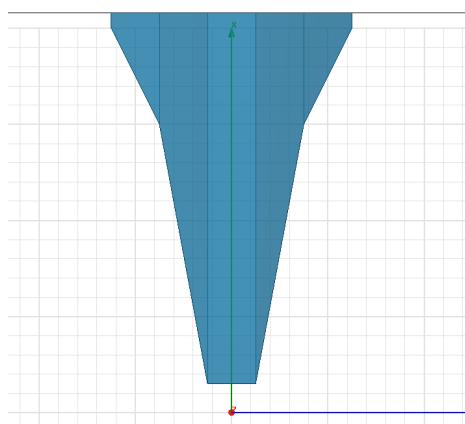
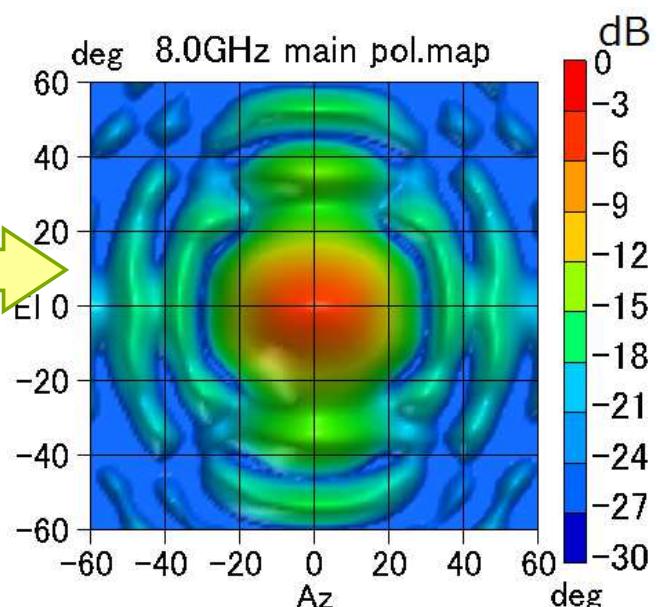
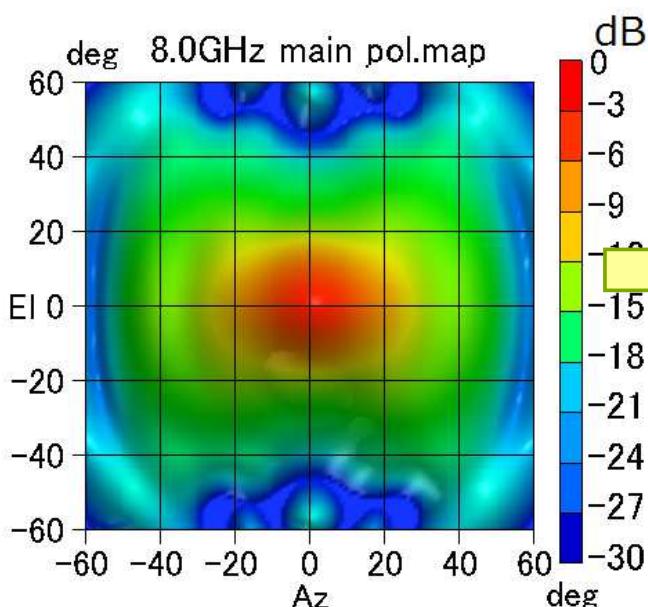


図1 (左). 開発中のアンテナモデルのリッジ形状の例

これは、2GHz, 10GHz, 18GHz の 3 周波帯でそれぞれ最適なインピーダンスとなるように設計したリッジの形状である。現在はこのような工夫を色々と試しているところである。

図2 (下). ビームパターンが変化したモデルの例

これは、キャビティ部に半球を付けたモデルの解析結果で、遠方界でのビームパターンが大きく変化している。またゲインも多少増加している。このようにビームパターンやビームサイズを調整することも研究課題の 1 つである。



広帯域クアッドリッジアンテナの開発

○長谷川 豊(大阪府立大学)

小川 英夫、大西 利和、前澤 裕之、木村公洋、小島 義晴(大阪府立大学)、澤居 徹(オリエントマイクロウェーブ)、三谷 友彦(京都大学)

Introduction

オリエントマイクロウェーブの開発した「クアッドリッジアンテナ」は、

2-18GHz(比帯域 160%)の間で充分実用可能なアンテナ特性を持つ。

本研究では、電磁界解析ソフト HFSS を用いてこのアンテナのシミュレーション解析を行い、その結果得られたアンテナ特性を、実測の結果等と比較して評価した。



図1 オリエント製
アンテナの写真

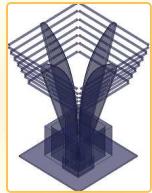


図2 HFSS で作成した
解析モデル概観

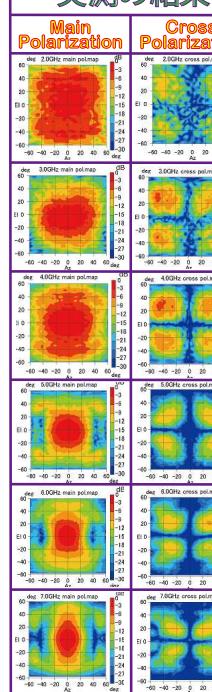


図3 京都大学で行った
近傍界測定の様子

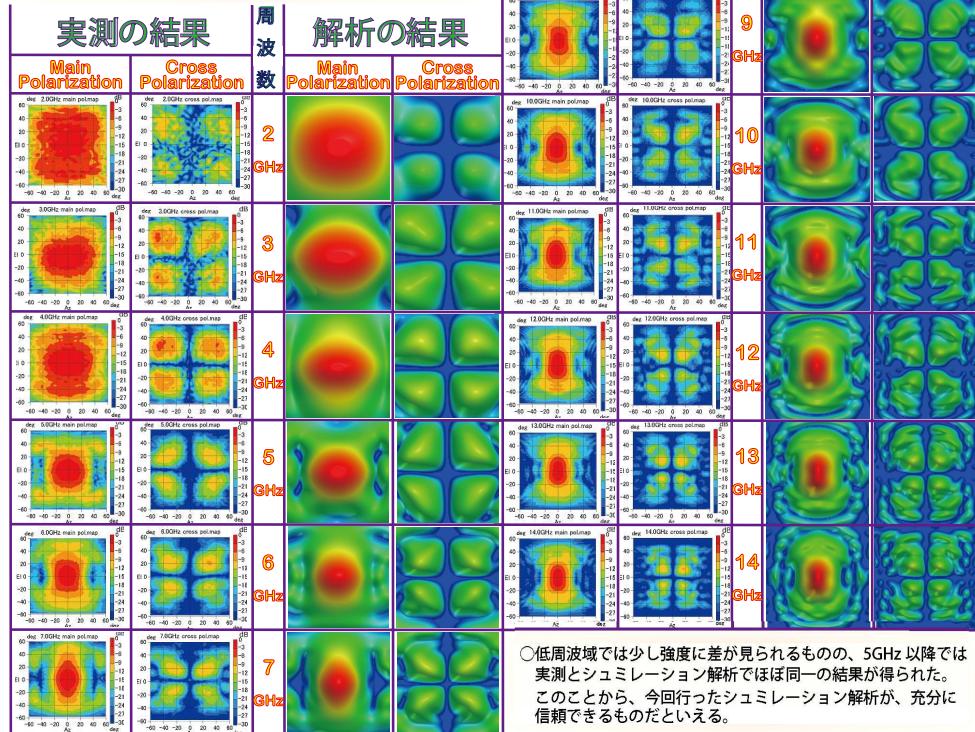
Results of Analysis & Measurement

○電波暗室での近傍界測定の結果から得たアンテナの遠傍界特性と、HFSS で行った解析の結果とを 2-14GHz の間で比較した。

実測の結果



解析の結果



○低周波域では少し強度に差が見られるものの、5GHz 以降では実測とシミュレーション解析ではほぼ同一の結果が得られた。このことから、今回行ったシミュレーション解析が、充分に信頼できるものだといえる。

○HFSS で電場の強度をプロットし、2, 10, 18GHz の 3 つの周波数の間で、電波の伝播の様子が変化するかを見た。

図4 電場伝播の様子

a) 2GHz

b) 10GHz

c) 18GHz

○右の図からは、10GHz, 18GHz では特に問題なく伝播しているよう見える。2GHz ではすこし伝播の様子が違っている様に見える。

○2GHz の電波の波長 15cm は、このアンテナの全長とほぼ同じであり、アンテナ口径の 12cm よりも長い。

このように、アンテナ口径よりも長い波長を持つ電波も受信できることもクアッドリッジアンテナの特徴である。

○アンテナの根元の部分が電波の伝播にどのように影響しているかを調べるために、斜め 45° の面で電場の強度をプロットした。

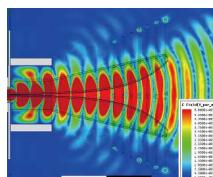


図5 斜め方向の断面で見た
電波伝播の様子(10GHz)

○左の図を見ると、アンテナ根元の壁の部分でも伝播が起こっている事が分かる。

アンテナの壁が導波管の役目を果たしているものと考えられる。

○逆に言えば、このタイプのアンテナを設計するときは、この部分で起こるカットオフの影響等も考慮して行わなければならぬ事が分かった。

Future Works

○上記の解析モデルをスケールダウンし、20-50GHz 帯域用のアンテナモデルを作成した。

このモデルのシミュレーション解析の結果は良好であったが、実際にこの周波数でアンテナを製作する際には、コネクタの大きさやアンテナ自体の強度などの要素も考慮する必要がある。

今後は、実際に製作可能な形状を前提とした、オリジナル設計の広帯域アンテナの設計・開発およびシミュレーションなどを進めていく予定である。

○上記の解析モデルを 4 つ並べて、2 偏波 4 ビームを同時に受信するような解析モデルを作成した。解析モデルでは、できるだけ 4 つのアンテナが近くなるように位置を決めたため、ビームのものれ込みや歪みなどが以下の図から見てとれる。

今後は、4 つのアンテナの適切な距離を検討すると共に、さらに数を増やす事も視野に入れている。また、このアンテナを搭載できるような受信機を設計していく予定である。

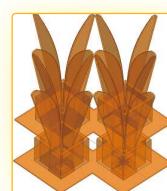


図6 20-50GHz 帯域用
縮小型解析モデル
(スケールモデルなので
見た目は同じ。)

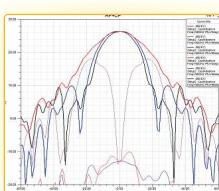


図7 50GHz における
アンテナパターンと
交差偏波パターンのグラフ
($\Phi = 0, 45, 90$)

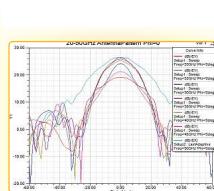


図8 $\Phi=0, 20-50GHz$ 間、
5GHz 毎のアンテナパターン

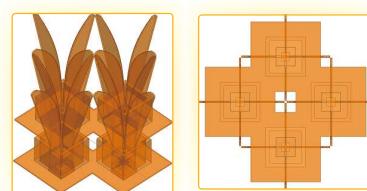


図9 アレイアンテナの
解析モデル(試作)

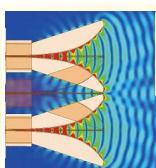


図11 図中上下の
アンテナから
同じ偏波を出力
した場合に
ビームへの影響

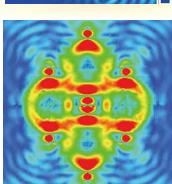


図12 4つアンテナから
同じ偏波を出力
した場合の
ビームへの影響を
上面から見た図