

# 導波管アレーアンテナの試作および 給電ネットワークの評価

宮田 克正

## Construction of a Waveguide Array Antenna and the Evaluation of the Feeding Network

Katsumasa MIYATA

(1994年8月22日受理)

A planar waveguide array antenna consisting of 45 WRJ-120 waveguides is constructed for small antenna pattern measurements at 12 GHz band. Each waveguide has 57 slots on its broad surface through which vertically polarized wave is to be radiated and is expected to form plane wave circumstance at the antenna near-field region. To adjust the input level of each waveguide independently, isolator-loaded power divider is manufactured and tested also at 12 GHz. It has been found that the power divider satisfies the demanded condition as the feed network for the planar array antenna with about  $-26$  dB coupling and about 40 dB isolation.

### 1. まえがき

移動体衛星通信方式で今後非常に重要になるであろうと考えられるパーソナル通信システム、即ち個人—衛星間通信システム、においては今まで以上に小型のアンテナが要求される。アンテナの測定は本来は屋外での自由空間実験が必須であるが、衛星放送が実用化され、通信衛星による商業活動が活発になりつつある今日、従来のように信号発生器を屋外に設置しての遠方界でのアンテナ放射特性測定はほぼ不可能な現況にあり、いわゆる電波暗室が不可欠となる。さらに、屋外テストレンジ環境と同じ条件を実現するためには暗室内でのいわゆる平面波発生装置が不可欠となる。

本論文ではこの様なアンテナ特性測定用の平面波発生用のアンテナを導波管スロットアレーにより構成し実現する事を目的に行なった実験的アプローチについて述べる。

本アンテナ完成に必要な項目として

- ① 45本の導波管の終端部の反射波の調整
- ② 45本の導波管への等振幅、等位相給電のための十字型方向性結合器の試作・調整
- ③ 位相・振幅調整時に発生する反射波の影響を除去するためのアイソレータの製作・評価・調整

### ④ 平面アンテナ全体の総合調整

等があげられる。この項目中、特に重要な項目が②、③であり給電用WGとしてWRJ-140をWRJ-120導波管上に45個取付け、さらに電界偏位型のアイソレータを装荷して各放射導波管に給電する形式をとった。

### 2. 平面アレーアンテナの構成

図1に第1段階として製作した平面アレーアンテナの概略図を示す。この平面アレーには45本のWRJ-120導波管が放射用として用いられ、導波管の広幅壁面には幅2 mm、長さ10mmの長手方向に切ったスロットを上段に29個、下段に28個の合計57個設け放射用スロットとして用いている。スロットの間隔は、導波管管内波長で $\lambda g/2$ となる様に決めているが、今回のケースでは $\lambda g$ は33.16 mmである。本平面アレーアンテナでは、これらの導波管を図の様に45本縦に面精度高く仕上げられたアルミフレームの上に固定した。本アンテナには導波管左端より移相器、減衰器を通して分波入力波が給電されている。給電点は左端下部である。この給電導波管はWRJ-120であり、製作コスト等の理由から最初は等間隔に設置されたSMAコネクタによりセミリジッ

導波管アレーアンテナの試作および給電ネットワークの評価

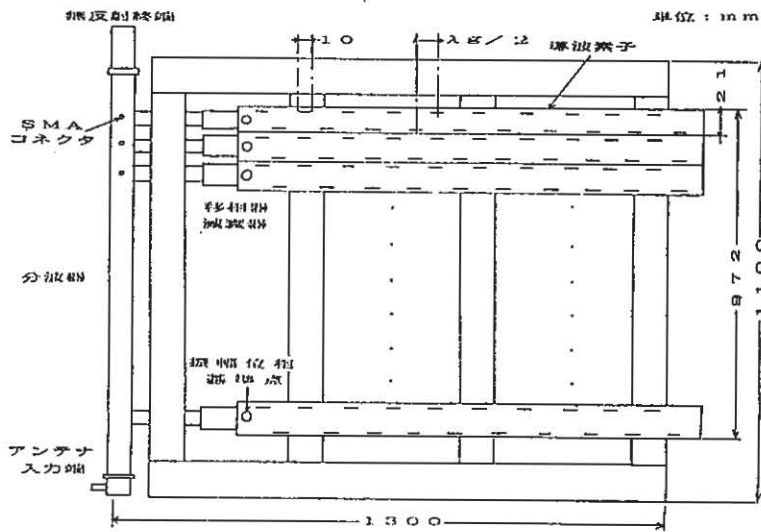


図1 平面アレーアンテナ概略図

ドケーブルで各導波管に給電を行なった。しかし、実際のアンテナ開口面分布の調整に際して、減衰器の減衰量を多目にとり、反射板バッファに用いる予定であったが、移相器の移動時の反射レベル変動が大きく、隣接導波管への相互作用が非常に強く現われたため、この分波器を十字結合型とし電界偏位型のアイソレータを装荷して振幅/位相調整時の反射波抑圧を試みた。試作したアイソレータは、給電用WRJ-120導波管に直角に取り付けられたWRJ-140導波管上に、寸法10 mm×10 mm×30 mmの永久磁石を装荷して構成したものである。

上に前述の小型永久磁石を装荷したものである。図3には電界変位型のアイソレータの原理図を示すが、導波管に印加された磁界により導波管内を伝搬する波が、その分布(順方向、逆方向)を異にする事を利用して、逆方向の場合にフェライト上に取付けた抵抗膜により方向性を得ようとするものである。図4及び図5には今回試作したアイソレータ付十字結合型分波器の具体的寸法を示す。WRJ-140導

3. アイソレータの試作及び特性評価

試作アイソレータの概観を図2に示す。この図はアイソレータ単体を示したものであり、実際に装荷するアイソレータの基礎的データを得るためWRJ-120の導波管上に結合用スリットを設け、十字型の方向性結合器を1個製作しその導波管(WRJ-140)

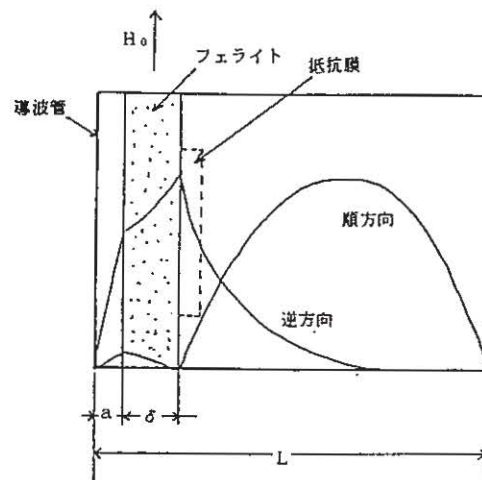


図3 アイソレータ電界分布

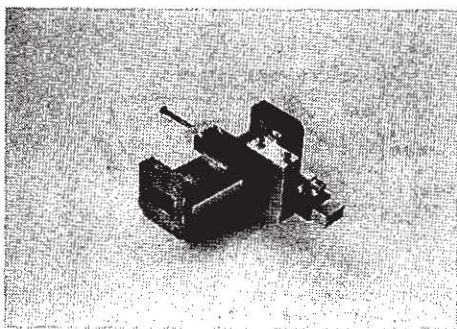


図2 試作アイソレータ単体概観

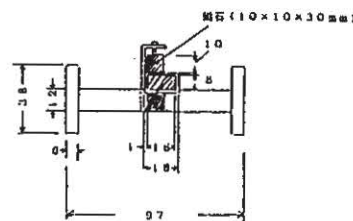


図4 アイソレータ装荷十字型結合器概略図

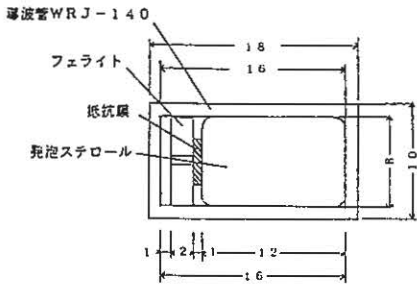
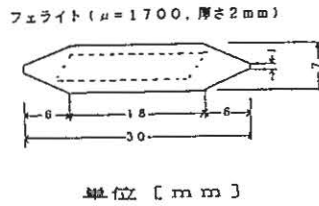


図5 アイソレータ導波管断面図



単位 [mm]

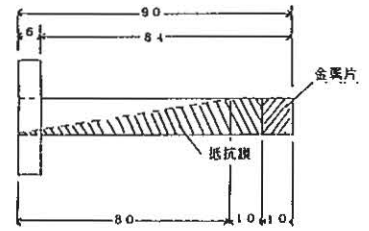
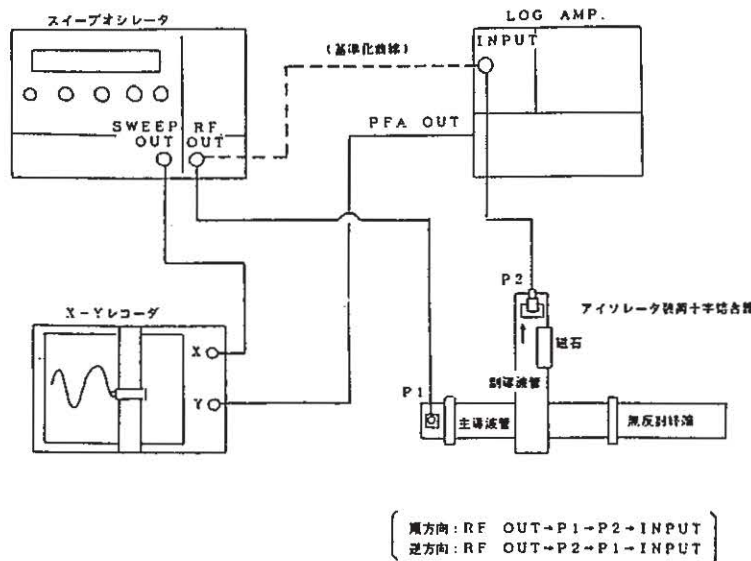


図6 無反射終端寸法

波管上の永久磁石は、実際の給電用分波器に製荷する場合には、その数が45個になるため、隣接する導波管との物理的間隔を考えて2個の独立した永久磁石を上下に分離、固定する形式とした。また、WRJ-140導波管内のフェライトは図5に示す様に長さ30 mm、幅7 mmの長方形フェライトを図の様にテーパ加工したものを用了。このフェライトの $\mu$ は約1,700である。次に、このフェライト上に図の様な抵抗膜を取付け、発泡ポリスチロールによりこれらを固定した。今回の平面アンテナ試作では、超低価格でこれを実現するという観点から、アンテナの構成素材のみを購入することとし、その他のコンポーネントは全て自作とした。図6には給電用導波管終端部に取付ける無反射終端の寸法を示すが、抵抗膜は吸収性の高いフィルター用紙にカーボンを塗布しこれを試作した。これを発泡スチロールに挟んで固定、無反射終端とした。この終端の性能は $f = 12 \text{ GHz}$ で $-35 \text{ dB}$ 以下である。これらによって構成されたアイソレータ付分波器を図7に示す様な特性測定系により計測した。すなわち、標準信号発生器からの

信号を最初には分波器を通さずに log アンプに入力し、その PFA (ペン機能増幅器) からの出力を X-Y レコーダの Y 軸 (RF 軸) に入力し、基準化曲線を描いた。次に、分波器を通した場合の出力を log アンプに入力し、これを測定した。なお、アイソレータの方向性は WRJ-140 上の永久磁石の位置を実験的に調整し決定した。この測定系による試作アイソレータの順方向特性の一例を図8に示す。周波数  $11.5 \sim 12.4 \text{ GHz}$  での相対レベルを示すが、目的周波数の  $f = 12 \text{ GHz}$  では順方向特性は、結合度、アイソレータの損失を含めて約  $-23 \text{ dB}$  であることがわかる。この図より他の周波数での値は比較的大きく変化しているが、これは副導波管の両端を短絡板により構成しているためであると考えられる。なお、逆方向のアイソレーション特性は  $-40 \text{ dB}$  以下であり、図8からもわかる様に、測定系の感度以下となったため周波数特性の測定は、この時点では行なわなかった。以上、平面アンテナの放射導波管給電用のアイソレータ装荷分波器単体の特性を示した。

次に、このアイソレータを45個製作して WRJ-



順方向: RF OUT-P1-P2-INPUT  
逆方向: RF OUT-P2-P1-INPUT

図7 試作アイソレータの周波数特性測定系

導波管アレーアンテナの試作および給電ネットワークの評価

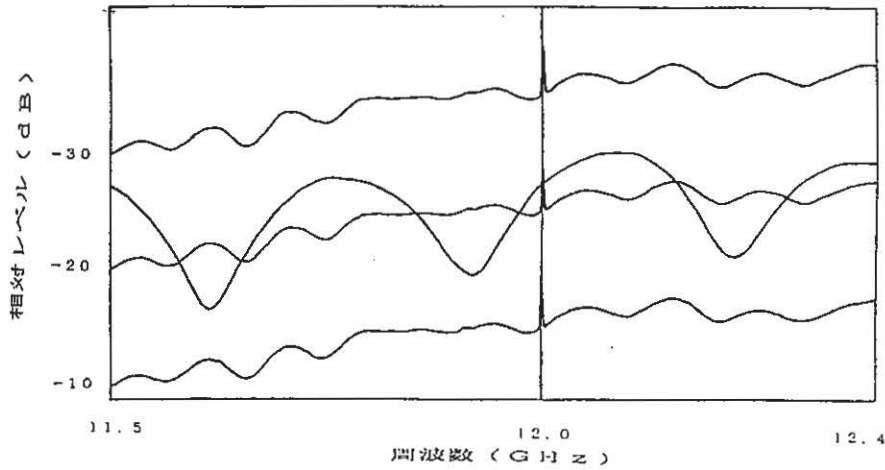


図8 試作アイソレータ順方向周波数特性

120導波管に装荷し、平面アンテナ給電用導波分波器を構成した(図9)。この分波器は平面アンテナの放射導波管と同数の45個のポートを有している。この分波器の特性を測定するために図10の様な分波器順

方向/逆方向結合特性測定系を構成し、 $f = 12 \text{ GHz}$ においてその特性を測定した。図11はその結果である。図中、横軸は導波管(分波導波管)番号を示し、縦軸は入力基準レベルが $-9.2 \text{ dBm}$ の場合の順方

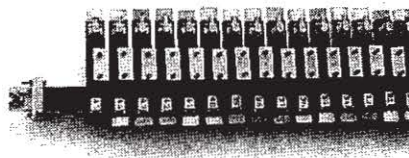


図9 アイソレータ装荷分波器の概観

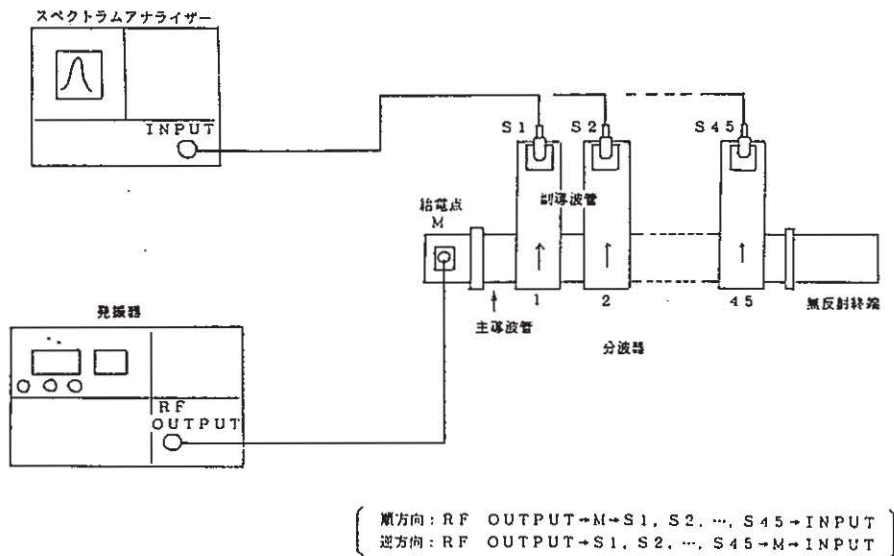


図10 分波器 順方向/逆方向 特性測定系

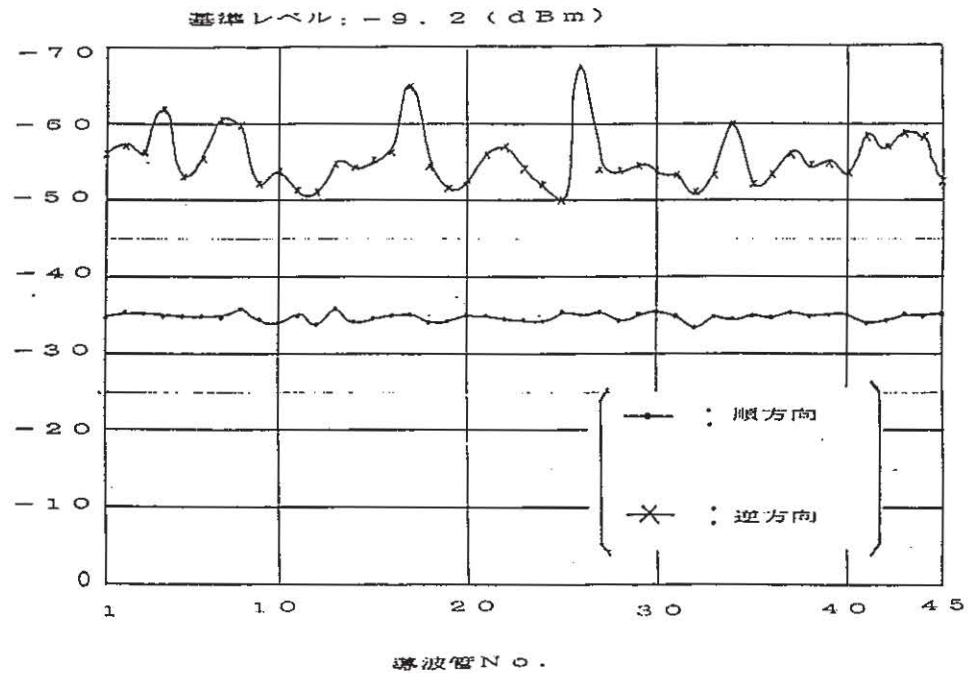


図11 分波器順方向/逆方向特性 (f = 12 GHz)

向および逆方向特性を示す。この図より、導波管各ポートからの出力は順方向で-25~-27 dB程度、また逆方向の出力は-40 dB以下の結果が得られた。これにより、平面アンテナの開口面電界分布調整時の反射波による給電系への影響はほとんど無視出来ると考えられる。

#### 4. 結 論

開口面寸法が約1 m×1 mの平面アレーアンテナをWRJ-120導波管により構成し、その表面上に設けられたスロットからの放射波の合成により平面波を構成する目的で、各導波管の独立制御用としてのアイソレータを試作した。今後は本分波器給電に

よる平面アンテナの近傍界評価を行ない、小型アンテナ放射パターン測定に利用する予定である。

#### 謝 辞

本分波器試作にあたり、本校松田惟助技官には多大なる御協力を頂いた。ここに深謝する。

#### 参考文献

- 1) 宮田克正, “平面アレー給電用アイソレータ装荷分波器の試作”, 平成5年度電気関係学会北海道支部連合大会 205.