

# 静止気象衛星 GMS、WEFAX 受信パラボラアンテナ用一次放射器

藤本 勉\*・右田 憲識\*\*・田中 護\*  
高浪 五男\*\*\*

## Primary Radiator of Parabolic Antenna for Reception of WEFAX of Geo-Stationary Meteorological Satellite GMS.

Tsutomu FUJIMOTO, Kenji MIGITA\*, Mamoru TANAKA,  
Itsuo TAKANAMI\*\*

### Abstract

Design and performance of circular waveguide type primary radiator of parabolic dish for receiving WEFAX broadcasting of GMS, geo-stationary meteorological weather satellite is described in detail.

設計と実測した指向特性について報告する。

### 1 まえがき

著者らは、宇部高専気象情報処理システム(Ube Technical College Meteorological Information Processing System: U-MIPS)と称す総合的な気象情報処理システムの構築を目指している。

本システムの主要なサブシステムの一つである静止気象衛星 GMS (Geostationary Meteorological Satellite, 『ひまわり』) WEFAX (Wather Facsimile) 画像処理システムへ原画像情報を安定に供給できるようにするため、新受信空中線への改修を行なった。

GMS-WEFAX 受信用に予備設備を含めて数基のパラボラアンテナを設置している。主アンテナは、400MHz 多重回線で使われていた2.4mφ センターフィード形グリッドパラボラアンテナであり、ディッシュ面に2mm メッシュのステンレス網を張り付けている<sup>2)</sup>。このアンテナの一次放射器は、円形反射板を有す2素子八木アンテナである。

今回、受信性能の向上を目指して、一次放射器を円形電磁ホーンアンテナに更新した。以下、既設の2素子八木形一次放射器、および円形電磁ホーン形一次放射器の

### 2 既設アンテナの問題点

U-MIPS に GMS-WEFAX 画像を直接受信する設備を増設して既に数年が経過している。このため、設備の経年変化、特に受信アンテナの性能劣化による受信電界強度低下に起因して受信画像中に雑音が混入することがあり、その後の画像利用に支障となっている。従って劣化した受信アンテナの性能改善を目指した。

### 3 GMS-WEFAX 受信用アンテナ

WEFAX 受信用のアンテナについて調査した。その結果、全ての場合パラボラ形アンテナが使用されているが、その一次放射器には、2素子程度の八木アンテナの場合と、円形電磁ホーンアンテナが使用されている場合とがあることが判明した。

市販されているシステム<sup>7)</sup>には八木形が採用されているが、Taggart<sup>5)</sup>の GOES-WEFAX 受信用アンテナや Tellert<sup>1)</sup>の METEOSAT-WEFAX 受信用アンテナ、梶野<sup>3)</sup>の GMS-WEFAX 受信用アンテナなど、いわゆるアマチュアの自作システムには電磁ホーン形が大勢を占める。

低雑音、高利得のフロントエンドが使用できるいわゆ

\*宇部工業高等専門学校電気工学科

\*\*現在、国際電信電話株式会社

\*\*\*山口大学工学部

るメーカー製にあっては、高利得は期待できないが確実な設計が可能な八木形が採用され、一方いわゆるアマチュアにあっては、アンテナで出来るだけ高利得を得ようとの判断の結果から電磁ホーン型が採用されたものと思われる。

#### 4 パラボラアンテナの開口面効率

パラボラアンテナの開口面効率、即ち、パラボラ反射面の開口面に到来した電磁波の総電力  $P_0$  と一次放射器の総受信電力  $P_r$  の比、 $P_0/P_r$  は、

- 1) 一次放射器指向特性とパラボラ面形状との不整合
- 2) 反射鏡面の凹凸による鏡面反射波の焦点への非集中
- 3) 一次放射器の位置ずれ
- 4) パラボラ反射鏡面での熱損、透過損失
- 5) インピーダンス不整合
- 6) 一次放射器支持具による到来電磁波のブロッキングなどにより低下する。

本報告は、1)の一次放射器の指向特性に関するものである。

到来電磁波は、パラボラ反射面で反射され焦点へ集中する。反射波の焦点への到来角度は、反射面中央において反射された場合 ( $0^\circ$ ) から、反射面の縁で反射された場合 (前述の主用 GMS-WEFAX 受信パラボラアンテナでは  $\pm 70^\circ$ ) まで広がっている。

一次放射器の指向特性を鋭くすると反射面中央部において反射された電磁波のみを捕捉することになり、反射面周辺部を有効に利用できない。また逆に広くし過ぎると、反射面背面からの不要輻射を捕捉してしまうことになる。したがって、反射面の開口角度によって最適な指向特性を有す一次放射器を選定する必要がある。

パラボラアンテナの絶対利得  $G$  は、

$$G = \eta \left( \frac{\pi D}{\lambda} \right)^2$$

で与えられる。ここに、 $D$  はパラボラ反射面の円形開口直径、 $\lambda$  は使用波長、 $\eta$  は開口効率である。

さらに、 $D(\theta, \phi)$  を一次放射器の  $\theta, \phi$  方向の指向特性、 $f$  をパラボラ反射面の焦点距離、 $\beta$  を一次放射器から  $\theta, \phi$  方向のパラボラ反射面における接線と到来電磁波とのなす角とすると、

$$\eta = \frac{P_r}{P_0}$$

$$= \frac{16f^2}{\pi D^2} \int_{\theta=0}^{\theta_m} \int_{\phi=0}^{\phi_0} D^2(\theta, \phi) \cos \beta d\phi d\theta$$

ここに、

$$\theta_m = \tan^{-1} \left\{ \frac{\sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(f - \frac{D^2}{16f}\right)^2} \tan^2 \phi}{f - \frac{D^2}{16f}} \cos \phi \right\}$$

$$\phi_0 = \tan^{-1} \frac{\frac{D}{2}}{f - \frac{D^2}{16f}}$$

として与えられる<sup>6)</sup>。

$D(\theta, \phi)$  の最適な値は、高橋<sup>9)</sup>によるとパラボラ反射面の中心部を  $0[\text{dB}]$  として周辺部で  $-10$  から  $-13[\text{dB}]$  である。

#### 5 2素子八木アンテナ形一次放射器

既設の1次放射器は、図1に示す反射板付きダイポール (円形反射板2素子八木アンテナ) である。

この一次放射器の性能改善を目指して、ダイポールと反射板との距離を種々変化させ、指向特性を実測した。

結果を図2-(a)~図2-(h)に示す。同図において  $300^\circ$  方向にある特性の変化は、測定時における近接反射物の影響によるものと思われる。

後述の電磁ホーンアンテナの特性に比べると、全体的に主輻射方向以外の放射 (サイドローブ) がかなり大きい。さらに、このアンテナはホーンアンテナに比べて一般的に利得が低く、また指向性のためパラボラ反射面の周辺部からの反射を有効に利用できないと思われる。

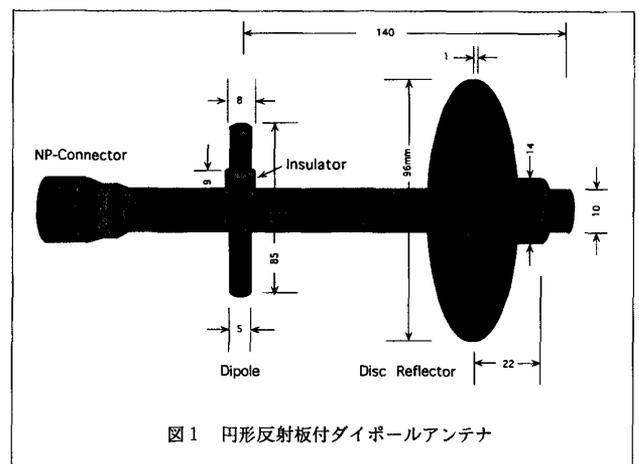


図1 円形反射板付きダイポールアンテナ

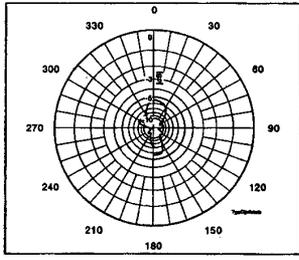


図 2-(a) 円形反射板付ダイポールアンテナ一次放射器指向特性、ダイポール、反射板間隔 1cm

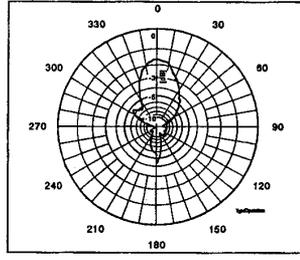


図 2-(b) ダイポール、反射板間隔 2cm

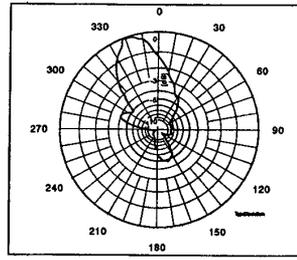


図 2-(c) ダイポール、反射板間隔 3cm

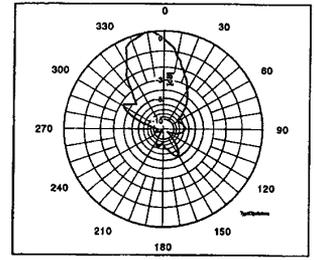


図 2-(d) ダイポール、反射板間隔 4cm

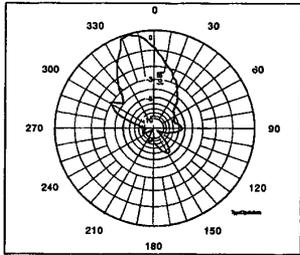


図 2-(e) ダイポール、反射板間隔 5cm

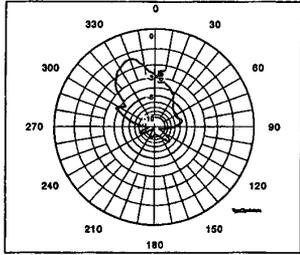


図 2-(f) ダイポール、反射板間隔 6cm

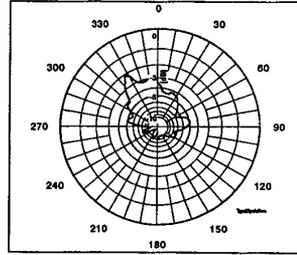


図 2-(g) ダイポール、反射板間隔 7cm

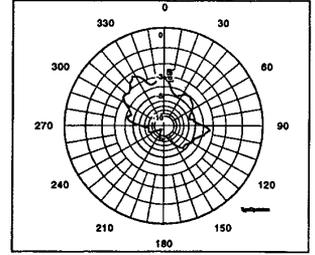


図 2-(h) ダイポール、反射板間隔 8cm

### 6 円形電磁ホーンアンテナ形一次放射器

円形電磁ホーンアンテナ形一次放射器は、梶野<sup>3)</sup>と同じもの、さらに Taggart<sup>5)</sup>, Tellert<sup>1)</sup>と同じものを試作した。

GMS-WEFAX の送信周波数は1691MHzであり、自由空間での波長  $\lambda$  は0.177mである。梶野<sup>3)</sup>によると電磁ホーンの直径  $d$  は  $0.586\lambda$  以上でなければならない。さらに実際的な値は、これより10~20[%]ほど大きい値が使用されるので、GMS-WEFAX の受信に使用するためには、電磁ホーンの直径  $d$  は、11.53[cm]から12.42[cm]の間となる。

次に電磁ホーン部の長さ  $L$  は、管内波長  $\lambda_g$  が次式で与えられるので、

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{1.706d}\right)^2}}$$

これが1波長になるには、 $d$ が $0.65\lambda$ の場合、 $L$ は $2.4\lambda$  (42.157[cm])、 $d=0.7\lambda$ の場合には、 $L=1.8\lambda$  (31.93[cm])となる。この値は20%程度ずれても支障ないとされている。

これらの過程をふまえて、図3に示すようにアンテナのサイズを決定した。このアンテナをタイプ1と呼ぶ。

次に、図4に示す電磁ホーンアンテナ、タイプ2を

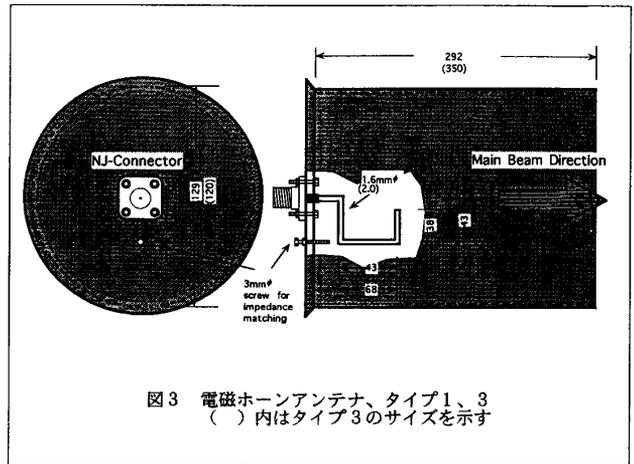


図 3 電磁ホーンアンテナ、タイプ1、3 ( )内はタイプ3のサイズを示す

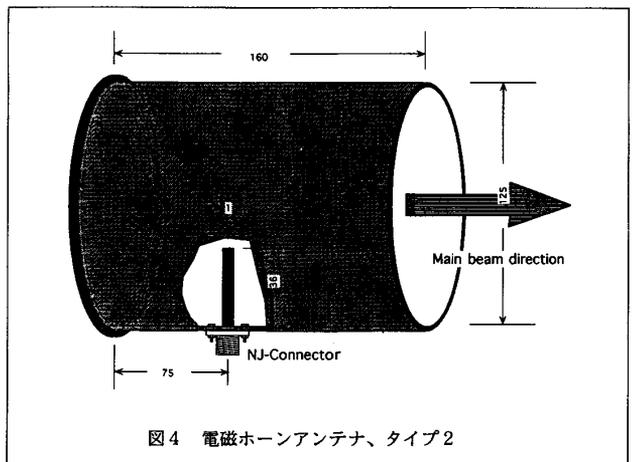


図 4 電磁ホーンアンテナ、タイプ2

Taggart<sup>5)</sup>, Tellert<sup>1)</sup>を参考にして製作した。放射プローブは4分の1波長より少し短いもの(長さ3.6[cm])を導波管内に立てたモノポール構造である。

指向特性の実測の結果を図5にタイプ1を、図6にタイプ2を示す。これら2つのアンテナは、いずれも中心からの角度が60°から70°で、中心部より利得が10から13[dB]ほど低下する。開口角70°のパラボラ反射面に取り付けた場合、放射角度がほぼ一致しているので、良好な結果が期待できる。タイプ1とタイプ2は類似の指向特性を提示したが、実際にこの2つの一次放射器をパラボラ反射面に取り付け、GMS-WEFAXを受信した結果、タイプ1の方がタイプ2より約6[dB]高感度を呈した。

そこで、さらにタイプ3として、特性の良好なタイプ1をステンレス板を加工して再試作した。タイプ3は、電磁ホーンの直径を12[cm]、長さを35[cm]、放射エレメントに使用した銅線の直径を2[mm]とした点以外はタイプ1と同じである。指向特性を図7に示す。この電磁ホーンもタイプ1、タイプ2と同様、中心から70°の偏角で中心部の利得から約10[dB]ほど低下する指向特性を示し、望ましい指向特性を有す一次放射器となっている。

## 7 むすびと、今後の問題

既設の反射板付きダイポール形一次放射器を、円形電磁ホーンアンテナ形一次放射器に変更した。初期の目的であった受信アンテナの経年変化に基づく性能劣化による受信電界強度低下を改善し、これに起因する受信画像中への雑音の混入を解消することができた。

しかし、この一次放射器の構造では、ビーム幅をこれ以上拡大することができないため、予備用として設置している開口面2mΦ、開口角90°のディッシュパラボラ反射鏡用の一次放射器としては使用出来ない。これについては、テーパ付き電磁ホーンアンテナ等更に試作実験を継続する必要がある。

## 参考文献

- 1) R. Tellert : Systeme de reception & de visualisation des images de Meteosat, in VHF Metesat, S. M. Electronic, p.23-34, (1985)
- 2) 藤本勉 : 静止気象衛星「ひまわり」受信システムをつくろう, モービルハム, p.52-60, 12, 1986

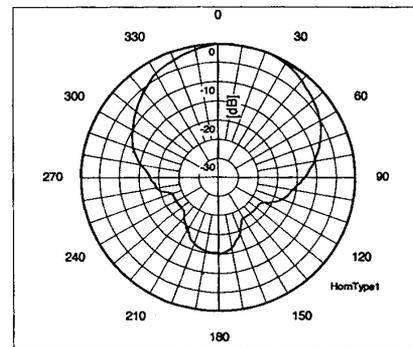


図5 電磁ホーンアンテナ (タイプ1) 指向特性

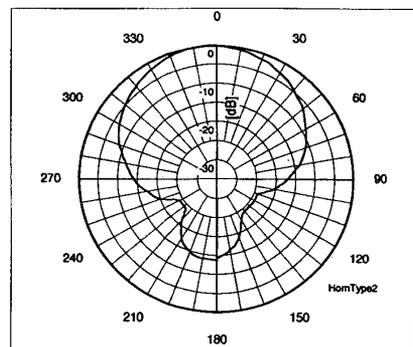


図6 電磁ホーンアンテナ (タイプ2) 指向特性

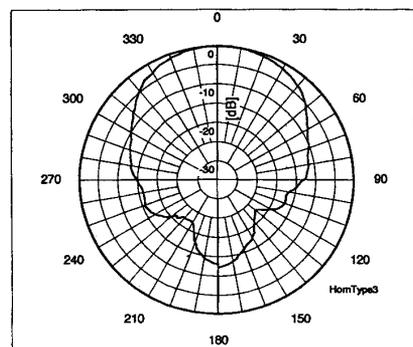


図7 電磁ホーンアンテナ (タイプ3) 指向特性

- 3) 梶野照男 : 気象衛星「ひまわり」のアマチュア的受信システム&パラボラアンテナの製作テクノウ, ハムジャーナル, p.1-10, 57, 9/10, 1988
- 4) 高橋寛 : パラボラアンテナの設計法, ハムジャーナル, p.66-76, 26, 1981
- 5) R. E. Taggart : Weather Satellite Handbook, Third Edition, Dr. Ralph E. Taggart, 602 S. Jefferson Mason, MI 48854, U. S. A.
- 6) 仁村光延 : パラボラアンテナの開口面効率についての考察, 育英工業高等専門学校研究紀要, p.57-61,

13, 1987

ズ製品パンフレット, (1990), エプソン(株):「SM-10」製品パンフレットなど

7) 例えば, (株) ケンウッドコア: 静止気象衛星「ひまわり」画像受信システム「ウエザーセンサー」シリー

(平成5年9月24日受理)