

Antenna noise temperature – Evaluation tools

アンテナ雑音温度 – 評価ツール

武安義幸 / JA6XKQ

全国マイクロウェーブ合同ミーティングの予稿集である「マイクロウェーブ・チャレンジ 2010」に掲載された JA4BLC 又賀 OM による「大口径 UHF ディッシュの SHF 帯における性能」[1] に興味を覚えた。ソリッド対メッシュの比較において、測定された性能差の数値自体には感心するばかりであるが、その性能差が何に由来するのか？に疑問を持った。

以前よりアンテナ雑音温度の評価には興味があり、ちょうど文献 [2] を入手した直後で、その記載内容を自分でも試してみたいと思っていた。又賀 OM の実測値をシミュレーションの校正値とすることで、上記の疑問が解けるのではないかとシミュレーションに着手した。

本稿ではアンテナ雑音温度の評価ツールとその手順について備忘録的に記述する。また、実測値との比較により雑音要素とシミュレーション・モデルについて検討する。

評価ツール

評価ツールは既存のものを使用する。アンテナ雑音温度の計算には、Petra Galuscakova によるソフトウェア ANTC – Antenna Noise Temperature Calculator [3] を使用する。

このツール ANTC にフィード・ホーンの輻射パターンを入力しなくてはならない。文献 [1] のフィード・ホーンは通称 W2IMU ホーンで、多くの研究/実験がなされているが、公開されている輻射パターンの数値データは発見できなかった。輻射パターンをプロットしたグラフは発見できたので、それから数値を読み取ることは可能であるが、フィード・ホーン自体のパラメータを変えた場合のデータも必要とするので、ホーンの輻射パターンもシミュレーシ

ンで求めることにした。フィード・ホーンのシミュレーションは、W1GHZ による文献 [4] に習う。

NEC2 によるフィード・ホーンのシミュレーション

アンテナ雑音温度の計算の前準備として、フィード・ホーンの輻射パターンをシミュレーション (NEC2) で算出する。ソリッド対メッシュの比較では、 $f/D = 0.55$ と $f/D = 0.7$ のパラボラ反射板に対応したそれぞれのホーンが用いられている。

文献 [4] の事例では、 $f/D = 0.55$ 用ホーンが掲載されている。その形状寸法と周波数は 1296 MHz に対応したもので、文献 [1] での周波数 10.45 GHz とは異なる。アンテナ雑音温度の計算は輻射パターンに依存するもので、アンテナの利得には依存しない。故に、輻射パターンの周波数相似の原理を適用すれば、1296 MHz で計算した輻射パターンをそのまま使用することが可能である。しかし、輻射パターン以外の要素、例えば材質と内部損失の関係、ホーンの分割/結合に伴う損失などを評価したいので、文献 [4] の事例の形状寸法と周波数を 10.45 GHz に変更する。

シミュレータには NEC2DX [5] を使用する。NEC2D は DOS 用なので、Windows の DOS 窓には NEC2DX が必要である。対象モデルのセグメント数に応じた実行コードがあり、今回のホーンは 500 セグメントの実行コード nec2dx500 で良いだろう。当初はセグメント数が不明であったので、入手できるなかで最高セグメント数の nec2dx5000 を使用している。

文献 [4] の事例を変更するにあたって、NEC2DX への入力ファイル (*.nec) の書式を解説したマニュアル [6] を手元に準備する。文献 [4] で W1GHZ が入力ファイルの書式について必要最小限の事項を解説しているが、形状寸法を周波数に応じて変換する際にオリジナルのマニュアルを参照した。

NEC2DX は計算エンジンであり、その入力と出力ファイルはテキスト・ファイ

ルで数字が羅列されたもので解りづらい。そこで、それらのファイル进行处理するプリ/ポスト・プロセッサが各種発表されており、最近では 4NEC2 [7] が定番のようである。GUI が魅力的かもしれないが、計算結果をさらに処理して解析するには適さないように感じ、モデル形状の確認にのみ使用している。各種パラメータを変えての計算結果の処理には Excel を用いた。

NEC2DX 入力ファイルの準備 — $f/D = 0.55$

$f/D = 0.55$ のパラボラ反射板に対応した 1296 MHz での W2IMU ホーンの入力ファイルをリスト-1 に示す。[4]

ホーンの形状は Surface Patch で記述されている。プリフィックスが SP と SC で始まるラインが該当する。“SP 0 3”と“SC 0 3”で始まる行は quadrilateral patch というもので、パッチの角の XYZ 座標を示しているので、周波数比(1296 MHz/10450 MHz)でそのまま換算して良い。

一方、ホーンの底の穴を塞いでいるパッチは“SP 0 0”で始まる行で、これは arbitrary patch shape というもので、パッチの中心 XYZ 座標、パッチ面の法線ベクトル角度、そして、パッチ面積で表現されている。従って、パッチの中心 XYZ 座標は周波数比で換算、法線ベクトル角度はそのまま換算無し、パッチ面積は周波数比の二乗で換算する。

ホーンはダイポールで励振されており、“GW 1 15”で始まる行とそれに続く“GM 0 0”がそれを記述している。“GW 1 15”の行は wire で、その両端の XYZ 座標を示しているので、周波数比で換算する。“GM 0 0”の行は座標変換であり、同様に周波数比で換算する。

周波数は“FR 0 1”行で記述されているので、1296 MHz を 10450 MHz とする。

これらの換算で得られた 10450 MHz での $f/D = 0.55$ 用 W2IMU ホーンの入力ファイルを、リスト-2 に示す。リスト-2 の記述が正しいかを 4NEC2 の

ビューワー機能で確認したものが、図-1 である。

NEC2DX 入力ファイルの準備 — $f/D = 0.7$

次に、 $f/D = 0.7$ のパラボラ反射板に対応した 10450 MHz での W2IMU ホーンの入力ファイルを準備する。

$f/D = 0.7$ では、ホーンの内角が 27.4° 、開口部直径が 1.63λ 、開口部長さが 2.8λ となる。[8] ホーンをドライブする導波管部分、すなわちフレアから後方は $f/D = 0.55$ の場合と同一である。

リスト-1 には、開口部、フレア部、導波管部の各部分にコメントが付いているので、修整箇所が判別できる。直径方向については $f/D = 0.55$ の場合と比例関係に、長さ方向には $f/D = 0.55$ と同じパッチ幅で延長する。

$f/D = 0.7$ の入力ファイルを、リスト-3 に示す。また、4NEC2 のビューワー機能で確認したものを、図-2 に示す。

NEC2DX による輻射パターン

準備した $f/D = 0.55$ 用と $f/D = 0.7$ 用の入力ファイルを NEC2DX へ与えてシミュレーションを実行すると、セグメント上電流や目的とする輻射パターンを含んだ計算結果の出力ファイルが生成される。

出力ファイルから輻射パターンの数値データをカット&ペーストして、後述の Antenna Noise Temperature Calculator のフォーマットに合わせたテキスト・ファイルを作成する。

シミュレーションで得られた W2IMU ホーンの輻射パターンを、図-3 に示す。輻射パターンの -10 dB の角度は、 $f/D = 0.55$ と $f/D = 0.7$ でそれぞれ約 100° と約 80° であり、後述するパラボラ反射板への輻射角度に整合

Like the coffee-can feed, the W2IMU dual-mode feed starts with a strip of surface patches

Down one edge

CM Dish-Feed W2IMU.NEC (short version)

CM Dipole feed for test

CM Horn is 610mm long, narrow end 168mm diameter

CM 30 degree increase up to 302mm diameter

CM Cylinder 302mm diameter, 305mm long

CM by PA3AEF

CE *****

Start of large aperture 151 mm radius

SP 0 3 0.15100 -0.02392 0.610 0.15100 0.02392 0.610

SC 0 3 0.15100 0.02392 0.585 0.15100 -0.02392 0.585

SC 0 3 0.15100 0.02392 0.550 0.15100 -0.02392 0.550

SC 0 3 0.15100 0.02392 0.515 0.15100 -0.02392 0.515

SC 0 3 0.15100 0.02392 0.480 0.15100 -0.02392 0.480

SC 0 3 0.15100 0.02392 0.445 0.15100 -0.02392 0.445

SC 0 3 0.15100 0.02392 0.410 0.15100 -0.02392 0.410

SC 0 3 0.15100 0.02392 0.375 0.15100 -0.02392 0.375

SC 0 3 0.15100 0.02392 0.340 0.15100 -0.02392 0.340

SC 0 3 0.15100 0.02392 0.305 0.15100 -0.02392 0.305

Diameter decreases at 30 degree angle — both X and Y dimensions change for flare

SC 0 3 0.13643 0.02161 0.280 0.13643 -0.02161 0.280

SC 0 3 0.12187 0.01930 0.255 0.12187 -0.01930 0.255

SC 0 3 0.10439 0.01653 0.225 0.10439 -0.01653 0.225

To 84 mm diameter waveguide section — rest of file is like coffee-can feed

SC 0 3 0.08396 0.01324 0.190 0.08396 -0.01324 0.190

SC 0 3 0.08396 0.01324 0.160 0.08396 -0.01324 0.160

SC 0 3 0.08396 0.01324 0.130 0.08396 -0.01324 0.130

SC 0 3 0.08396 0.01324 0.100 0.08396 -0.01324 0.100

SC 0 3 0.08396 0.01324 0.066 0.08396 -0.01324 0.066

SC 0 3 0.08396 0.01324 0.044 0.08396 -0.01324 0.044

SC 0 3 0.08396 0.01324 0.022 0.08396 -0.01324 0.022

SC 0 3 0.08396 0.01324 0.000 0.08396 -0.01324 0.000

SC 0 3 0.06550 0.01037 0.000 0.06550 -0.01037 0.000

SC 0 3 0.03000 0.00475 0.000 0.03000 -0.00475 0.000

GM 0 4 0.00 0.00 18.0

GM 0 0 0.00 0.00 9.0

SP 0 0 0.01500 0.01500 0.000 90.0000 0.00000 .00071273

GX 0 110

GM 0 0 0.00 0.00 -45.0

Except for dipole feed in E-plane after rotations complete

GW 1 15 0 0.047 0.040 0 -0.047 0.040 0.002

GM 0 0 0 0 0 0 -0.610

GE

FR 0 1 0 0 1296.0

EX excitation at segment 8 of 15 of tag #1, the dipole

EX 0 1 8 0 1.0 0

LD 5 0 0 0 3.72E+07

PT -1

RP 0 19 3 1500 0.0 0.0 10.0 45.0

EN

リスト-1 : W2IMU ホーン f/D = 0.55 Frequency = 1296 MHz 用の NEC2DX 入力ファイル

注 : 入力ファイルとして実際に使用する際には **赤文字** のコメントを削除するか、プリフィックス CM を付加してコメント行とすること

CM Dish-Feed W2IMU.NEC (short version)
CM Dipole feed for test
CM Horn is 75.65mm long, narrow end 20.83mm diameter
CM 30 degree increase up to 37.45mm diameter
CM Cylinder 37.45mm diameter, 37.82mm long
CM original by PA3AEF

CE *****
SP 0 3 0.01872 -0.00296 0.07565 0.01872 0.00296 0.07565
SC 0 3 0.01872 0.00296 0.07255 0.01872 -0.00296 0.07255
SC 0 3 0.01872 0.00296 0.06821 0.01872 -0.00296 0.06821
SC 0 3 0.01872 0.00296 0.06386 0.01872 -0.00296 0.06386
SC 0 3 0.01872 0.00296 0.05952 0.01872 -0.00296 0.05952
SC 0 3 0.01872 0.00296 0.05518 0.01872 -0.00296 0.05518
SC 0 3 0.01872 0.00296 0.05084 0.01872 -0.00296 0.05084
SC 0 3 0.01872 0.00296 0.04650 0.01872 -0.00296 0.04650
SC 0 3 0.01872 0.00296 0.04216 0.01872 -0.00296 0.04216
SC 0 3 0.01872 0.00296 0.03782 0.01872 -0.00296 0.03782
SC 0 3 0.01691 0.00268 0.03472 0.01691 -0.00268 0.03472
SC 0 3 0.01511 0.00239 0.03162 0.01511 -0.00239 0.03162
SC 0 3 0.01294 0.00205 0.02790 0.01294 -0.00205 0.02790
SC 0 3 0.01041 0.00164 0.02356 0.01041 -0.00164 0.02356
SC 0 3 0.01041 0.00164 0.01984 0.01041 -0.00164 0.01984
SC 0 3 0.01041 0.00164 0.01612 0.01041 -0.00164 0.01612
SC 0 3 0.01041 0.00164 0.01240 0.01041 -0.00164 0.01240
SC 0 3 0.01041 0.00164 0.00818 0.01041 -0.00164 0.00818
SC 0 3 0.01041 0.00164 0.00545 0.01041 -0.00164 0.00545
SC 0 3 0.01041 0.00164 0.00272 0.01041 -0.00164 0.00272
SC 0 3 0.01041 0.00164 0.00000 0.01041 -0.00164 0.00000
SC 0 3 0.00812 0.00128 0.00000 0.00812 -0.00128 0.00000
SC 0 3 0.00372 0.00058 0.00000 0.00372 -0.00058 0.00000

GM 0 4 0 0 18

GM 0 0 0 0 9

SP 0 0 0.00186 0.00186 0.00000 90.0 0.0 1.09623E-5

GX 0 110

GM 0 0 0 0 -45

GW 1 15 0 0.00582 0.00496 0.00000 -0.00582 0.00496 0.00024

GM 0 0 0 0 0 0 0 -0.07565

GE

FR 0 1 0 0 10450

EX 0 1 8 0 1 0

LD 5 0 0 0 3.72E+07

PT -1

RP 0 37 3 1500 0 0 5 45

EN

リスト-2 : W2IMU ホーン f/D = 0.55 Frequency = 10450 MHz 用の NEC2DX 入力ファイル
青文字は リスト-1 からの変更無し

CM Dish-Feed W2IMU.NEC
 CM Dipole feed for test
 CM Horn is 128.97mm "long " narrow end 20.82mm diameter
 CM 27.4 degree increase up to 46.78mm diameter
 CM Cylinder 46.78mm diameter, 80.36mm long
 CM original by PA3AEF
 CE *****
 SP 0 3 0.02339 -0.00370 0.128974 0.02339 0.00370 0.12897
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.12674 0.02339 -0.00370 0.12674
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.12240 0.02339 -0.00370 0.12240
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.11806 0.02339 -0.00370 0.11806
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.11372 0.02339 -0.00370 0.11372
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.10938 0.02339 -0.00370 0.10938
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.10504 0.02339 -0.00370 0.10504
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.10070 0.02339 -0.00370 0.10070
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.09636 0.02339 -0.00370 0.09636
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.09202 0.02339 -0.00370 0.09202
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.08768 0.02339 -0.00370 0.08768
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.08334 0.02339 -0.00370 0.08334
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.07900 0.02339 -0.00370 0.07900
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.07465 0.02339 -0.00370 0.07465
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.07031 0.02339 -0.00370 0.07031
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.06597 0.02339 -0.00370 0.06597
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.06163 0.02339 -0.00370 0.06163
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.05729 0.02339 -0.00370 0.05729
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.05295 0.02339 -0.00370 0.05295
 SC 0 3 0.02339 0.00370 0.04861 0.02339 -0.00370 0.04861
 SC 0 3 0.02198 0.00348 0.04588 0.02198 -0.00348 0.04588
 SC 0 3 0.02005 0.00317 0.04216 0.02005 -0.00317 0.04216
 SC 0 3 0.01812 0.00287 0.03844 0.01812 -0.00287 0.03844
 SC 0 3 0.01619 0.00256 0.03472 0.01619 -0.00256 0.03472
 SC 0 3 0.01426 0.00225 0.03100 0.01426 -0.00225 0.03100

SC 0 3 0.01234 0.00195 0.02728 0.01234 -0.00195 0.02728
 SC 0 3 0.01041 0.00164 0.02356 0.01041 -0.00164 0.02356
 SC 0 3 0.01041 0.00164 0.01984 0.01041 -0.00164 0.01984
 SC 0 3 0.01041 0.00164 0.01612 0.01041 -0.00164 0.01612
 SC 0 3 0.01041 0.00164 0.01240 0.01041 -0.00164 0.01240
 SC 0 3 0.01041 0.00164 0.00818 0.01041 -0.00164 0.00818
 SC 0 3 0.01041 0.00164 0.00545 0.01041 -0.00164 0.00545
 SC 0 3 0.01041 0.00164 0.00272 0.01041 -0.00164 0.00272
 SC 0 3 0.01041 0.00164 0.00000 0.01041 -0.00164 0.00000
 SC 0 3 0.00812 0.00128 0.00000 0.00812 -0.00128 0.00000
 SC 0 3 0.00372 0.00058 0.00000 0.00372 -0.00058 0.00000
 GM 0 4 0 0 18
 GM 0 0 0 0 9
 SP 0 0 0.00186 0.00186 0.00000 90.0 0.0 1.09623E-05
 GX 0 110
 GM 0 0 0 0 -45
 GW 1 15 0 0.00582 0.00496 0.00 -0.00582 0.00496 0.00024
 GM 0 0 0 0 0 0 0 -0.07565
 GE
 FR 0 1 0 0 10450
 EX 0 1 8 0 1 0
 LD 5 0 0 0 3.72E+07
 PT -1
 RP 0 37 3 1500 0 0 5 45
 EN

リスト-3 : W2IMU ホーン f/D = 0.7 Frequency = 10450 MHz 用の NEC2DX 入カファイル

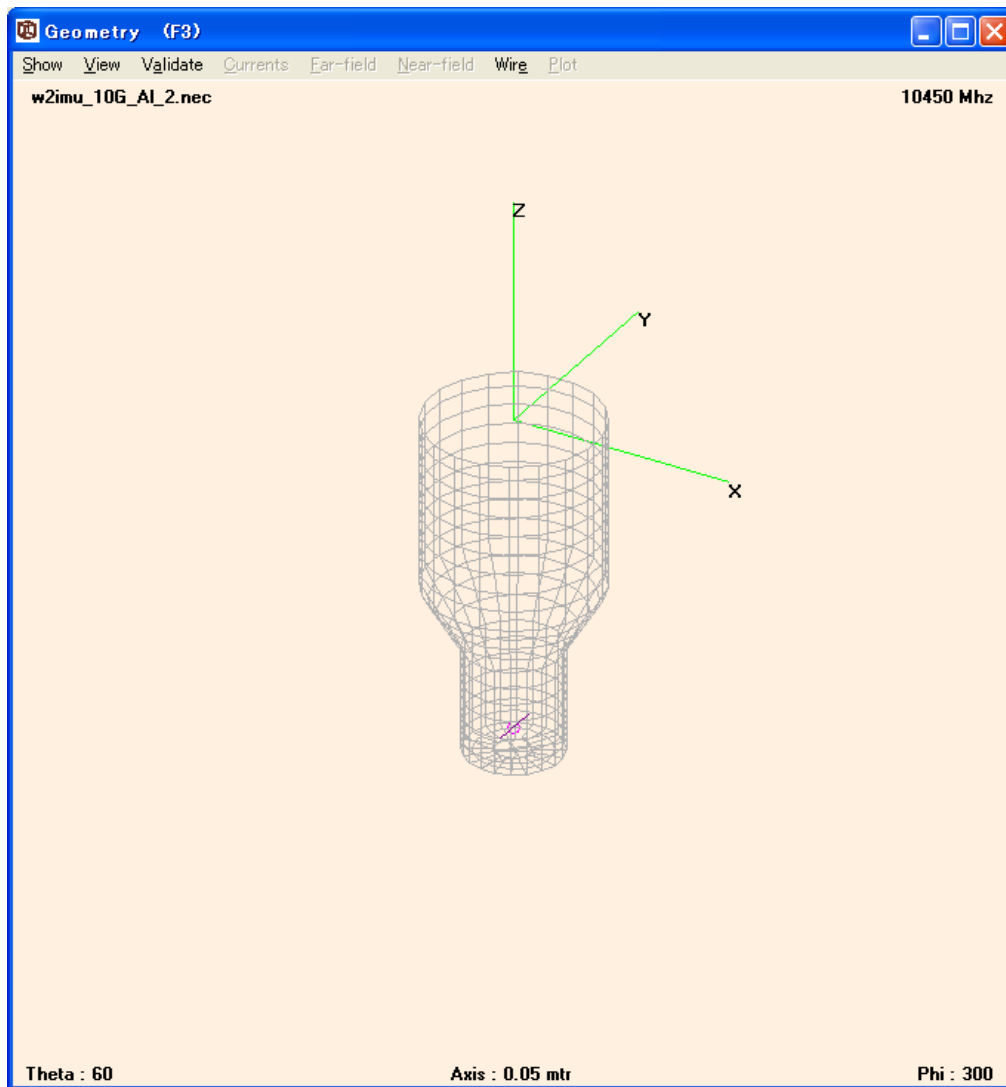


図-1 : W2IMU ホーン $f/D = 0.55$ Frequency = 10450 MHz 用
構造モデル

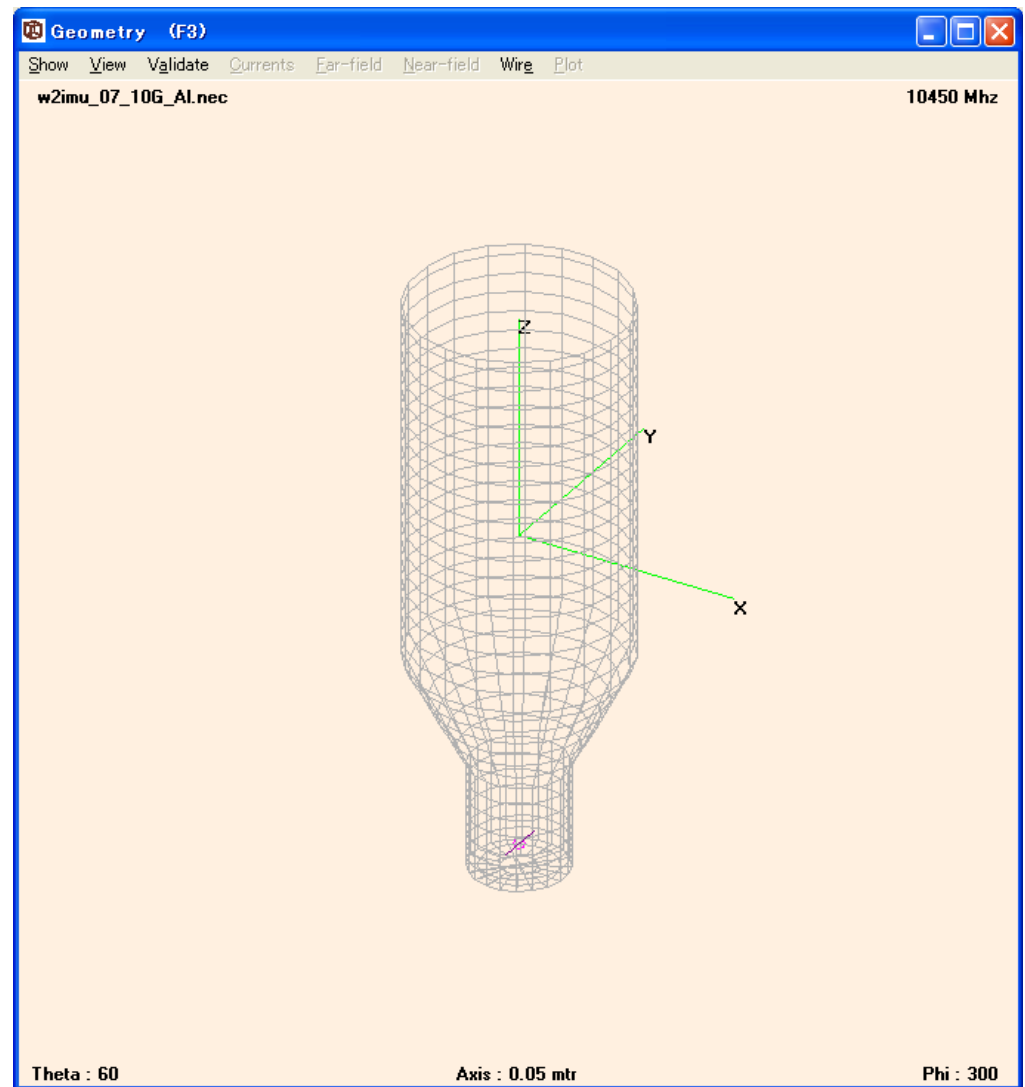


図-2 : W2IMU ホーン $f/D = 0.7$ Frequency = 10450 MHz 用
構造モデル

したものであることがわかる。

環境雑音の分布

ANTC - Antenna Noise Temperature Calculator に与えるパラメータのうちアンテナの輻射パターンは NEC2DX でのシミュレーションで準備できた。ANTC に与えるパラメータのもう一つは環境雑音の分布である。

衛星通信や EME での G/T の評価においては、仰角を変えた時のアンテナ雑音温度が対象であり、その場合は大地雑音と天空雑音をモデル化した ITU ドキュメントの CCIR Report 720-2 の雑音分布が一般的に用いられる。ANTC は、その雑音分布をデータとして内蔵しており、プルダウン・

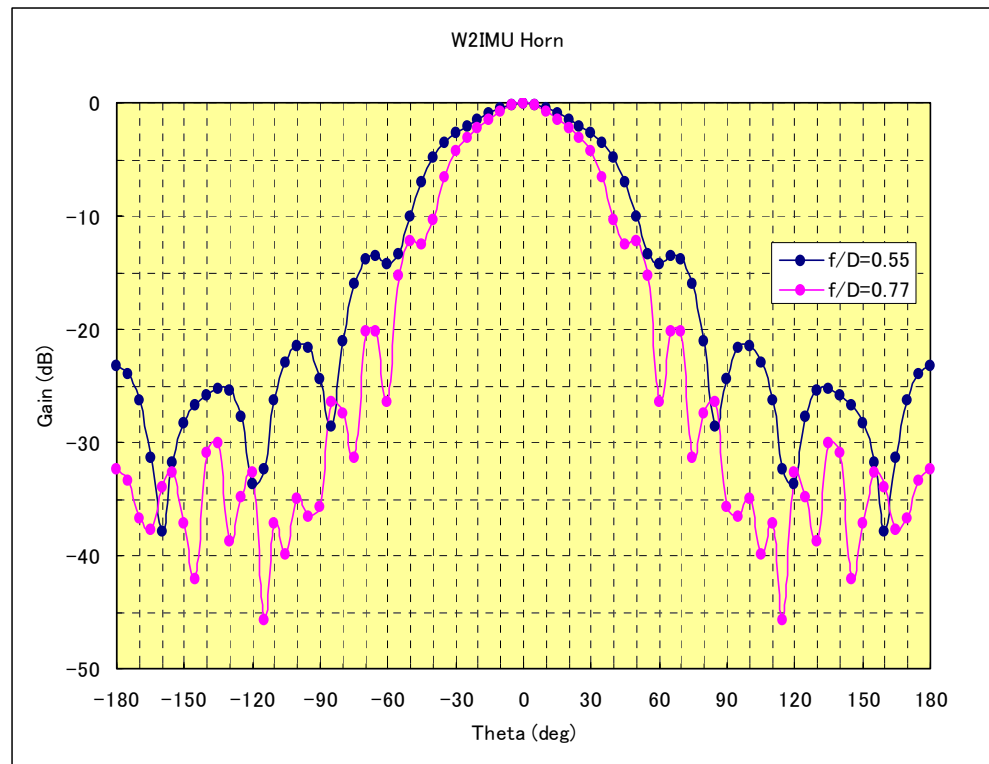


図-3 : W2IMU ホーンの輻射パターン

(C) 2011, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

メニューから選択可能である。

しかし、本稿での検討においては、図-4 に示すように、パラボラ反射板のソリッド対メッシュの違いでフィード・ホーンが見込む大地雑音がどのように相異なるのかを評価することが目的であるので、ANTC 内蔵の雑音分布データを使用することができない。

図-4 に示す形態で次のように仮定する。

メッシュ反射板の直径	=	6 (m)
ソリッド反射板の直径	=	4.2 (m)
焦点距離	=	3 (m)
メッシュ反射板を見込む立体角	=	106 (°)
ソリッド反射板を見込む立体角	=	77 (°)
大地雑音温度 T_g	=	300 (K)
メッシュの透過損失	=	Lm (dB)

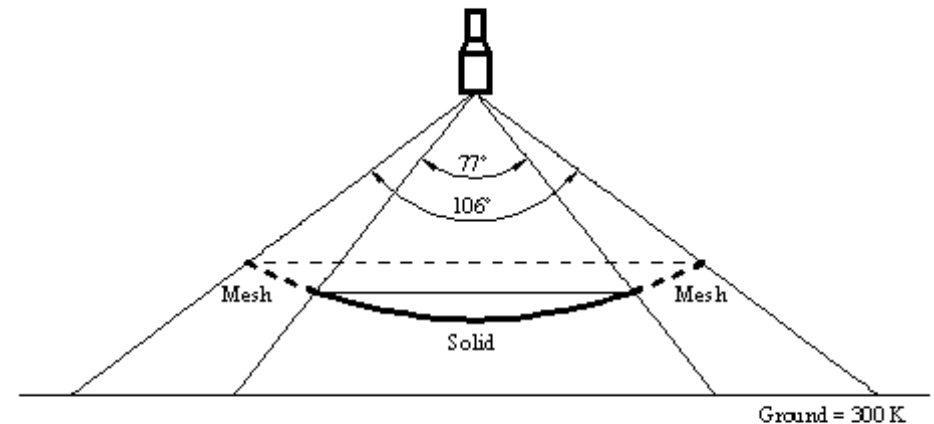


図-4 : 評価モデルの形態

(C) 2011, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

ソリッド反射板の雑音温度 = T_s (K)

フィード・ホーンを中心として角度 θ を定義し、ホーンが反射板と正対する角度を 0° とすると、フィード・ホーンが見込む雑音の分布は次のように表現できる。

$0^\circ \leq \theta < 38.5^\circ$: T_s (K)
 $38.5^\circ \leq \theta < 53^\circ$: $300 \times 10^{(-L_m/10)}$ (K)
 $53^\circ \leq \theta < 90^\circ$: 300 (K)

例えば、メッシュの透過損失 L_m が 10 dB だとすれば、メッシュ越しに見える大地雑音は 30 K となる。反射板から外側は、いわゆるスピルオーバーで、大地雑音の 300K がそのまま見える。

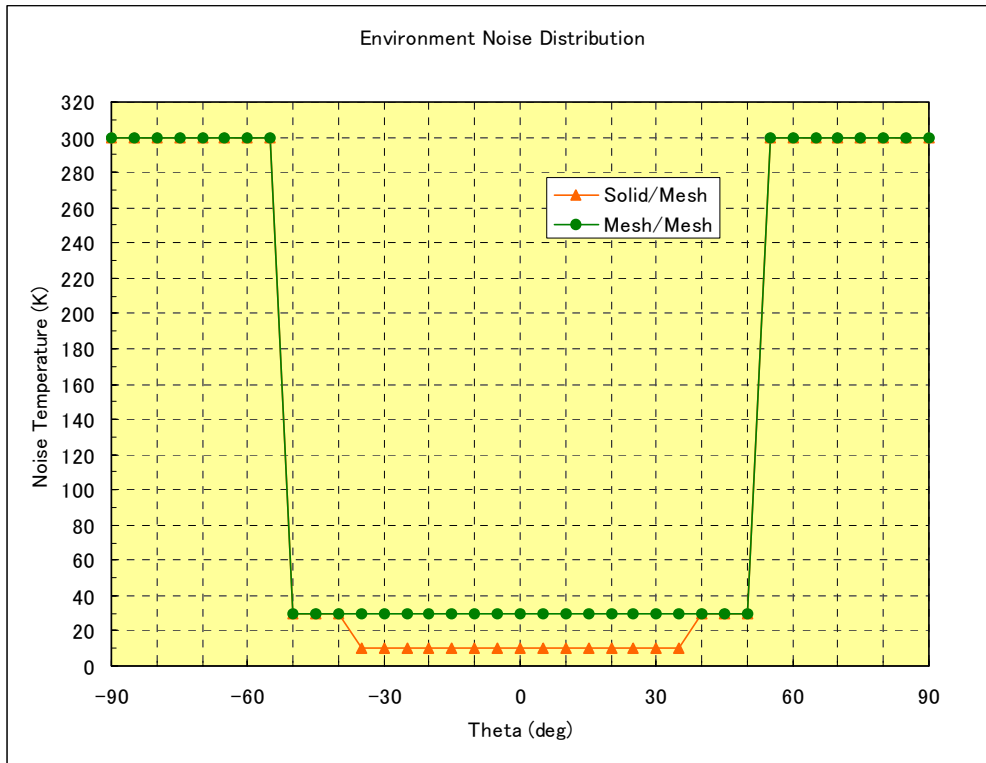


図-5 : 環境雑音の分布

上記の雑音分布は軸対象と仮定する。ソリッド反射板の雑音温度 T_s が 10 K、メッシュ反射板の雑音温度が 30 K、大地雑音温度が 300 K と仮定した時の分布を、図-5 に示す。評価検討の過程では、ソリッド反射板の雑音温度 T_s とメッシュの透過損失を変えて、アンテナ雑音温度を計算し、実測値と比較することでシミュレーション・モデルの妥当性を検討する。

図-5 に示す環境雑音の分布を数値データのファイルで ANTC へ入力する。ANTC のユーザー・マニュアル [9] に従って作成する数値データのテキスト・ファイルは、次のような形式となる。

```

0 0 300
1 0 300
. . .
. . .
89 0 10
90 0 10
91 0 10
. . .
. . .
179 0 300
180 0 300
0 1 300
1 1 300
. . .
. . .
  
```

最初のカラムが ANTC 定義の θ 、二番目が ϕ 、三番目がそれらの角度での雑音温度となる。 θ は 1° 刻みで $0^\circ \sim 180^\circ$ 、 ϕ は 1° 刻みで $0^\circ \sim 359^\circ$ なので、 $181 \times 360 = 65160$ 行のテキスト・ファイルとなる。つまり、半球を見渡した環境雑音温度を定義する。

なお、図-5 では $-90^\circ \sim 90^\circ$ の定義としているが、ANTC での $0^\circ \sim$

180° の定義に対応する。

ANTC によるアンテナ雑音温度の計算

ここまで準備した二種類のフィード・ホーンの輻射パターンと六種類の環境雑音分布のそれぞれの数値データ・ファイルを ANTC へ入力してアンテナ雑音温度を計算する。

ANTC は通常の仰角対 G/T を想定した計算結果を出力するが、本稿で必要とするアンテナ雑音温度は、ANTC 出力において仰角 0° が該当する。

メッシュ透過損失を 10 dB、6 dB、3 dB と変えてアンテナ雑音温度を計算した。各ケースでのアンテナ雑音温度の計算結果を一覧表にまとめる。

メッシュ透過損失 (dB)	10			
ケース No.	1	2	3	4
反射板 (中心/周辺)	ソリッド/メッシュ		メッシュ/メッシュ	
雑音温度分布 (ソリッド/メッシュ/大地)	10K/30K/300K		30K/30K/300K	
フィード f/D	0.55	0.7	0.55	0.7
アンテナ雑音温度 (K)	19.7	13.5	38.2	32.6

メッシュ透過損失 (dB)	6			
ケース No.	1	2	3	4
反射板 (中心/周辺)	ソリッド/メッシュ		メッシュ/メッシュ	
雑音温度分布 (ソリッド/メッシュ/大地)	10K/75K/300K		75K/75K/300K	
フィード f/D	0.55	0.7	0.55	0.7
アンテナ雑音温度 (K)	23.4	15.2	81.8	77.1

メッシュ透過損失 (dB)	3			
ケース No.	1	2	3	4
反射板 (中心/周辺)	ソリッド/メッシュ		メッシュ/メッシュ	
雑音温度分布 (ソリッド/メッシュ/大地)	10K/150K/300K		150K/150K/300K	
フィード f/D	0.55	0.7	0.55	0.7
アンテナ雑音温度 (K)	28.8	18.1	155	151

考察

ANTC での計算結果と下表に示す文献 [1] の実測値を比較すると、実測値が高いアンテナ雑音温度となっている。これは、シミュレーションで仮定したメッシュ透過損失よりも実際には透過損失が小さい、すなわちより高い雑音メッシュを透過していると考えられる。また、ソリッド面の雑音温度もシミュレーションの仮定よりも高いと考えられる。

そこで、シミュレーションで仮定する環境雑音温度の分布を、アンテナ雑音温度の実測値から逆算して設定してみた。アンテナ雑音温度の計算過程で、フィード・ホーンの見込む雑音温度がアンテナ雑音温度に対して支配的であると判断できたので、ケース No.2 からソリッドの雑音温度を 34 K に、ケース No.4 からメッシュの雑音温度を 203 K、すなわち、メッシュ透過損失 = 1.7 dB でアンテナ雑音温度を計算したものが次表であ

	JA4BLC実測値			
ケース No.	1	2	3	4
反射板 (中心/周辺)	ソリッド/メッシュ		メッシュ/メッシュ	
フィード f/D	0.55	0.7	0.55	0.7
アンテナ雑音温度 (K)	63.5	42.5	-	204

る。

メッシュ透過損失 (dB)	1.7			
ケース No.	1	2	3	4
反射板 (中心/周辺)	ソリッド/メッシュ		メッシュ/メッシュ	
雑音温度分布 (ソリッド/メッシュ/大地)	34K/203K/300K		203K/203K/300K	
フィード f/D	0.55	0.7	0.55	0.7
アンテナ雑音温度 (K)	54.1	43.0	206	204

実測値に合致するように合わせ込んだので当然であるが、ケース No.2 と No.4 で良い一致を示している。一方、ケース No.1 は実測値と相異している。

これらの結果から、次のような疑問が生じてきた。

1. メッシュの透過損失として 1.7 dB は妥当か？
2. ソリッド面の雑音温度として 34 K は妥当か？
3. シミュレーション・モデルに含んでいない損失 (雑音源) がないか？

疑問の背景/理由は、

1. メッシュの透過損失が 1.7 dB ということは 67.7 % が透過し、32.3 % が反射している。パラボラ反射板として反射率 32.2 % は、実測されたゲイン低下と合致するのか？
2. パラボラ反射面は Low-Q であるので、材質の導電率の影響は小さいと言われている。アルミ板であるので、損失は小さいはずだ。文献 [2] によると、アルミ板のオーミック・ロスによるアンテナ雑音温度上昇は、8 GHz 帯で 0.6 K と示されている。
3. 上記 2 項に関連して、34 K の雑音温度は、損失に換算すると約

0.5 dB となる。フィード・ホーンの損失を含めて、このレベルの損失が LNA からホーンの間是否存在しないか？ 10 GHz で 0.5 dB は、ありそうな値である。

まとめ

アンテナ雑音温度の評価ツールについて習熟することができた。シミュレーションと実測値との比較で、シミュレーションの妥当性も確認できた。

しかし、シミュレーション・モデルに含まない損失が存在する可能性があり、実測値においてアンテナ雑音温度への配分を見直すことを示唆する。

考察から生じた疑問点を検証するために、今後はメッシュの透過損失の検証 (文献調査とシミュレーション)、Low-Q で損失が小さいと言われているホーンの損失のシミュレーションへと進みたい。これらを明らかにすれば損失の所在が判明すると期待する。

本稿での検証は、フル・ソリッド反射板においてもシステム総合での更なる低雑音化を示唆するものであると考える。損失の所在を明らかにし、30 K の雑音温度の低減が実現できれば、非常に大きな改善となるはずだ。また、フィード・ホーン単体とアンテナ総合での輻射パターンと雑音温度の関係で最適化設計が期待できる。

貴重な実測データと考察での議論を頂いた JA4BLC 又賀 OM に感謝申し上げます。

評価ツールや解説を公開発表している先達にも感謝したい。

//
☆

参考資料

- [1] 大口径 UHF ディッシュの SHF 帯における性能
又賀義郎, JA4BLC
マイクロウェーブ・チャレンジ 2010
MWAC Micro Wave Amateur Communications
<http://mwac.jpn.org/>
- [2] NOISE TEMPERATURE THEORY AND APPLICATIONS FOR
DEEP SPACE COMMUNICATIONS ANTENNA SYSTEMS
Tom Y. Otoshi
ARTECH HOUSE
<http://www.artechhouse.com/Detail.aspx?strBookId=1874>
- [3] Antenna Noise Temperature Software Tools
Petra Galuscakova, et.al
DUBUS 3/2009
<http://www.om6aa.eu/antc.php>
- [4] Chapter 12, Pattern Calculation and Phase Analysis
Paul Wade, W1GHZ
The W1GHZ Online Microwave Antenna Book
<http://www.w1ghz.org/antbook/contents.htm>
<http://www.w1ghz.org/antbook/chap12.pdf>
- [5] nec2dx
The unofficial Numerical Electromagnetic Code (NEC) Archives
<http://www.si-list.net/swindex.html>
- [6] NEC2 manual Part 3
The unofficial Numerical Electromagnetic Code (NEC) Archives
<http://www.si-list.net/swindex.html>
http://www.si-list.net/NEC_Archives/nec2prt3.pdf
- [7] 4nec2
The unofficial Numerical Electromagnetic Code (NEC) Archives
<http://www.si-list.net/swindex.html>
- [8] Understanding Circular Waveguide – Experimentally
Paul Wade, W1GHZ
QEX, Jan/Feb 2001, page 37
ARRL American Radio Relay League
http://www.w1ghz.org/QEX/circular_wg.pdf
- [9] Antenna Noise Temperature Calculator
User Documentation
Petra Galuscakova
<http://www.om6aa.eu/antc.php>