

EME Link Budget & Analysis Tool (1-100 GHz)

2024年 1月 14日 JA1WQF 笠井三男

今回ご紹介するアプリケーションは jack DF3GJと Gerald OE2IGLが主にマイクロウェーブ EME用に用に作成された新しく便利なプログラムです。

<活用 1 >

サンノイズ・ムーンノイズを計測し、パラボラアンテナの調整信号源や調整基準として活用する

今回このプログラム機能の一部を使い、私達が使用しているDihsの基本性能を簡単に知る事ができます
これを基準としFeedのかたち、位置や取り回しの工夫等で手持ちDishの調整に活用致しましょう。

・ EME Link Budget & Analysis Tool はここに有ります

<https://wattersat.bplaced.net/EME/EME.html>

<活用 2 >

今ある設備で10GHz(24GHz)EMEビーコン受信可否シュミレーションが同時に表示されます

マイクロウェーブ地上波通信におきまして各地でビーコンが立ち上がるなど設備の性能や点検で活発に利用されているようです。

自局設備の簡単な数値入力で10GHz EMEの強力な海外ビーコン信号を一般的地上波設備でも受信可能か判別する事ができます。

遠く38万Km離れた月から反射し往復してきた信号を捉える事ができるかも知れません。

現在皆様お持ちの設備そのまま、また再チューニングする事などで遊びの範囲が広がるかと思えます。

・はじめに、マイクロウェーブのパラボラアンテナの標準を値取得しましょう（次ページご覧ください）

サンノイズ（ムーンノイズ）を計測し基準数値と比較、Feedの位置調整や接続損失を少なく、更にFeed LNA自体の変更を検討する事などで結果に驚くほど違いが出る事と思えます。

ノイズ測定方法ですが、過去に紹介がある通りオーディオレベル、IF高周波電力（電圧）をの読み取り比較する方法（こちらを推奨）などです。

IF高周波比較としてTRV出力にもう一段LNAを入れ可変ATT（1dBステップ、または以下）を介し読み取ったサンノイズ等の数値と、クリアースカイを比較する方法が正確で良いと思えます。

参考 雨霧の影響（レイアウト上 空白が出ましたので本資料から転載）

10GHz帯での雨損失:

10GHzでは雲はそれほど大きな影響はなく、最大の問題は、雨や雲の中の目に見えない雨です。

霧雨: 0.1 mm/h -> 0.0007 dB/km 小雨:1mm/h ->0.01dB/km 中雨:10mm/h ->0.17dB/km

大雨/雷雨:100mm/h ->2.5dB/km

47GHz帯での雨・霧損失:

47GHzでの雨損失: 霧雨:0.1mm/h ->0.007dB/km 小雨:1mm/h ->0.09dB/km

中程度の雨:10 mm / h -> 1.2 dB / km 大雨/雷雨:100 mm / h ->14.6 dB / km

霧の影響は 47 GHz 以上で発生します。 47 GHz では、霧が少ない場合損失は 0.04 dB/km です

中程度の霧 (300 m に対して) 損失は 0.085 dB/km、濃い霧 (50 m に対して) で損失は 0.85 dB/km です。

ページを開くと最初にこの画面が出てきます

入力場所が沢山あるように見えますが、取り敢えず3~4か所の入力で問題ありません。

Frequency [GHz] 10.368 1) 周波数
Wavelength 28.9 mm
Lunar reflectivity ϵ 0.07
Moon noise temp., add temp 236 K
Days after full moon 9.57

TX Locator: JO54CG13-DL0SHF-10
Latitude [N°] 54.2644
Longitude [E°] 10.1788

RX Locator: enter any locator PM96CO
Latitude [N°] 36.6061
Longitude [E°] 138.212

UTC YY/MM/DD hh:mm:ss 2024/1/7 01:18:22

Transmitting Antenna: Gauss, max ant. η = theor.-2.5%
Dish diameter [m], ant.gain η_{theo} 7.2 57.86 dBi
Dish f/D 0.35
Offset angle if offset dish [°] 0
Surface RMS [mm], peak err 0.85 +/- 1.7 mm
Feed out-of-axial-focus [mm] 0
Feed blocking diam. [m] 0.3
Illumination efficiency η_i 0.885
Spillover efficiency η_s 0.921
Illum+spillover efficiency η_{i+s} 0.815 56.97 dBi
Ohmic efficiency η_{ohm} 1.0
Polarization efficiency η_{pol} 0.985
Surface efficiency η_{Ruze} 0.873
Focus efficiency η_{focus} 1
Blocking efficiency η_{block} 0.994
Mesh grid diam, spacing [mm] 0 0
Mesh grid effi. $\eta_{mesh, loss}$ 1 0 dB
Max. antenna efficiency η 0.671 56.13 dBi
Used antenna efficiency η_{real} 0.599
Edge taper [dB], feed taper -11 -7.4 dB
Dish center - rim 71.1°
HPBW $_{real, gain_{real}}$ 0.278° 55.64 dBi
Position x,y on Moon [°] 0 0
Intercepted power fraction 0.906 -0.43 dB
Illuminated fraction 0.383 -4.17 dB
TX temperature [°C] 15
TX humidity [%] 50
TX absolute pressure [mbar] 980
TX zenith atmosph.attenuation 0.051 dB

Receiving Antenna: Gauss, max ant. η = theor.-2.5%
Dish diameter [m], ant.gain η_{theo} 0.6 33.27 dBi
Dish f/D 0.37
Offset angle if offset dish [°] 0
Surface RMS [mm], peak err 0.33 +/- 0.66 mm
Feed out-of-axial-focus [mm] 0
Feed blocking diam. [m] 0.2
Illumination efficiency η_i 0.885
Spillover efficiency η_s 0.921
Illum+spillover efficiency η_{i+s} 0.815 35.39 dBi
Ohmic efficiency η_{ohm} 1.0
Polarization efficiency η_{pol} 0.985
Surface efficiency η_{Ruze} 0.98
Focus efficiency η_{focus} 1
Blocking efficiency η_{block} 0.668
Mesh grid diam, spacing [mm] 0 0
Mesh grid effi. $\eta_{mesh, loss}$ 1 0 dB
Max. antenna efficiency η 0.5 33.27 dBi
Used antenna efficiency η_{real} 0.6
Edge taper [dB], feed taper -11 -7.7 dB
Dish center - rim 68.1°
HPBW $_{real, gain_{real}}$ 3.06° 34.06 dBi
Position x,y on Moon [°] 0 0
Received fraction (BWF) 0.648 -1.88 dB
RX fill factor moon 0.0194 -17.12 dB
RX temperature [°C] 15
RX humidity [%] 50
RX absolute pressure [mbar] 980
RX zenith atmosph.attenuation 0.051 dB

Moon: Lunar reflectivity varies radially
S-for path loss (radar equation) -277.5 dB
Path loss (corrected for beam widths) -279.4 dB
 $\epsilon * gain_{TX} * gain_{RX}$ 45.8 dBm
TX power [W] 38
Received signal power -155.7 dBm
RX NoiseFigure [dB], temp 3.0 339 K
RX bandwidth [kHz] 2.5
RX noise power -140 dBm
Signal/Noise -15.6 dB
Received Moon noise -159.7 dBm
Sky+CMB, zenith+CMB temp 8.74 K 5.6 K
Spillover temp., add. spillover 157 K 0
RX antenna noise temp. 30.9 K
RX main beam effi. η_{MB, η_F} 0.703 0.85
Spatial polarization, pol.loss ---

Y-dish&feed: Absorber/SkyZenith 2.34 dB
Y-dish&feed: Absorber/SkyElevation 2.3 dB
Y-feed: Gnd(or absorber)/SkyZenith 2.9 dB
Sun temp. SFU@frequency 0
Y-Moon: 1+Moon/(Sky+Noise) 1.99 dB 0.04 dB
G/T $_{EME}$ incl. RX noise temp 8.96 dB/K
S/N $_{EME}$: Signal/(0+Sky+Noise): 17.6 dB
S/N $_{EME}$: Signal/(Sky+Noise): -17.7 dB
Decoding mode: Q65-60E
RX libration rate [°/min] 0.003016
RX libration spreading 170 Hz
TXRX mutual libr. spreading 109 Hz
RX refrac.corr. elevation [°] 30 10GHz EMEビーコン受信判定
RX LOS atmosph.attenuation 0.1 dB
Margin = S/N $_{EME}$ - threshold 7.6 dB

1) 周波数入力 初期値は10GHzになっています、必要に応じて変更します

2) 自局グリッドロケータ vマーク一番上にenter any locationがあり自局地を入力 (参考長野某局)
初期設定がEUのオフセット局で、一度JA1WQF-10にしてから自局データを入れる事を推奨致します

3) Dishサイズ入力 ここでは0.6=60cmと入力 (該当数値を入れてください)

4) 自局の推定総合NF値を入れます 条件により大きく違います10GHzの場合NF=3と仮定

* 基本この4か所だけ入力OKす

用途によりさらに細かな設定もできますが普通はこれでOKと思います。

参考) 高性能LNAのNF数値 10GHz 0.6dB, 24GHz, 1.5dB, 47GHz 1.8dB (Kuhne 製6.0dB)

WG-SW直LNA等 低挿入損失の場合上記数値+0.1~0.2dB、これを「目標値」といたしましょう。

Feed=LNA直結ではない場合、例えばSMA接続、同軸リレーなどでは+2~5dB悪化の可能性が予測されますので、それぞれNF予測数値を入力してください。

(一般に0.1dB単位で低NF値のLNAを求めます・・・が！上記損失数値は即NF悪化に加算されます)

・数式に10GHz 60cm Dish NF=3.0dBを入力した場合

参考値 計算例 サンノイズ **1.99dB** ムーンノイズ 0.04dB

実際の測定値がこの数値より良い場合 受信系NF値が3.0より良好であり、悪い場合FEED/LNAの取付方法見直し、Feed位置やFeedそのものの変更が必要かもしれません、調整・変更が楽しめます。

・Feed-LNA間の接続改善し挿入損失を極力減らした場合（目標値）

総合NF=0.7では サンノイズ **5.16dB** ムーンノイズ 0.17dB 何と**3.17dB**も上昇します

・受信信号SNR（10GHz EMEビーコン受信信号強度比較）

同様にNF=3.0dBの場合-17.7dB,対し0.7dBでは-10.9dBにアップ、リスト上の変化は**SNR6.8dB**も増加

NF=3.0dBの数値の場合、受信に関して **Dish径を60cmから1.3mにサイズアップ**しなければ同じ数値になりません。

この様に高品質低NF値+低損失接続により大幅にSNR数値改善する事が分かります。

ご紹介したアプリで現状をご確認いただき、サンノイズ基準でアンテナ系調整を楽しく調整、また送信に関しても、Feed調整や取り回し損失軽減効果大で、送受共に良化を実感する事と思います。

◎**それでは60cmDish NF=3.0dBのままで10GHzEMEビーコンを受信できるか！？**

答えは「**受信可能**」です

前ページ ビーコン受信強度 -17.7dB、対してWSJT Q65-60Eの受信可能レベルはこの時-25.3dBですつまり受信に関し**+7.6dBのマー**ジンがあります。

是非EMEビーコン、10GHz 10368.024MHz の電波の受信をトライしてみたいかがでしょうか。

<10GHzビーコン WSJT Q65-60E DL0SHF受信例>



