

## HFTAによるアンテナ設置場所の評価例

HF Terrain Assessment

その(1)

JA3AOP / 杉山 暁

本年2月号にJA3USA 島本さんが「HFTAは面白い!!」と題してアンテナ設置場所の地形による電波の打ち上げ角について書いて下さいました。私は以前に「ARRL Antenna Book 20th edition」が発行されたときに購入していましたが、少し読んでみて「精読」状態でした。この本のeditorのN6BV (Dean Straw)がAPDXC2012で解説してくれた機会に本に付属しているCDのプログラムをインストールしてアセスメントを試してみましたので、報告いたします。

DXとHF帯で交信するには、アンテナの打ち上げ角が低いことが有利です。アンテナの指向性は「MMANA」などのアンテナ解析ソフトで計算できます。

自由空間におかれた21MHz用2エレYagiの指向性を「MMANA」を使って計算すると図1のようになります。この垂直指向性のパターンはブームの上半面のみが描かれています。実際の自由空間指向性はブーム軸の下にも同様なパターンがある上下対称な形です。次にこのアンテナを地上10mの高さに水平に置くと(地球をアンテナの下10mに近づけると)このアンテナから出た電波をある地点で受けると、アンテナからこの受信点に直接向かってくるもの、アンテナから斜め下方向に出て、地面で反射して丁度この受信点にやってきた成分との合成になります。地面で反射する量は地面の導電率などに影響されます。一般的な導電率の値を用いて、アンテナの遠方への放射パターンを計算したものが図2です。

自由空間では、打ち上げ角が0度であったアンテナも地上におくと水平なアンテナでも水平方向の指向性は消えて打ち上げ角がついてしまいます。

ここで計算された垂直面指向性は平坦な地形にアンテナをおいた場合ですが、現実にはさまざまな地形にアンテナが設置されます。

アンテナの垂直指向性はそれが置かれる地形によってどのように影響されるかを評価するために「HFTA」は開発されました。

HFTAが対象としているのは水平アンテナです。垂直アンテナの特性は地面の導電率に水平アンテナより強く影響を受けるので地形のデータを与えただけでは計算できないそうです。

HFTAでは代表的な2地点間の伝播における到来電波の仰角のヒストグラムのデータ集が付属しておりアンテナの垂直指向性と重ねて表示されますのでその2点間の通信にそのアンテナの有効性がよく判ります。

今回は、六甲山上のDX交信に適していると思われる地点を取り上げて評価をしてみたいと思います。

選んだ地点は「六甲山頂」です。自動車で直接乗り入れはできませんが、六甲山上を走る「サンセットドライブウェイ」沿道の一軒茶屋から舗装路を少し上がったところに広場があります。

移動運用の好適地を探す目的もありますのでアンテナ高さは10m、バンドは21MHz、ダイポールまたは2エレメントアンテナの条件で計算しました。

図3に六甲山頂付近ののグーグル地図を示します。図4は3次元地図「カシミール」による六甲山頂の地上10mから北を見た鳥瞰図です。左端が315度、中心が真北(0度)、右端が45度、すなわち真北を中心とした画角90度の展望です。前方にひいた赤い線はアンテナから見て仰角0度の線です。評価する方位はヨーロッパを代表して330度、北米東海岸を代表して22度、カリブ海方面を代表して36度、の3方向をとり上げます。HFTAではこれら3方向のアンテナ基部から4km先までの地形の断面データ(標高データ)が必要です。

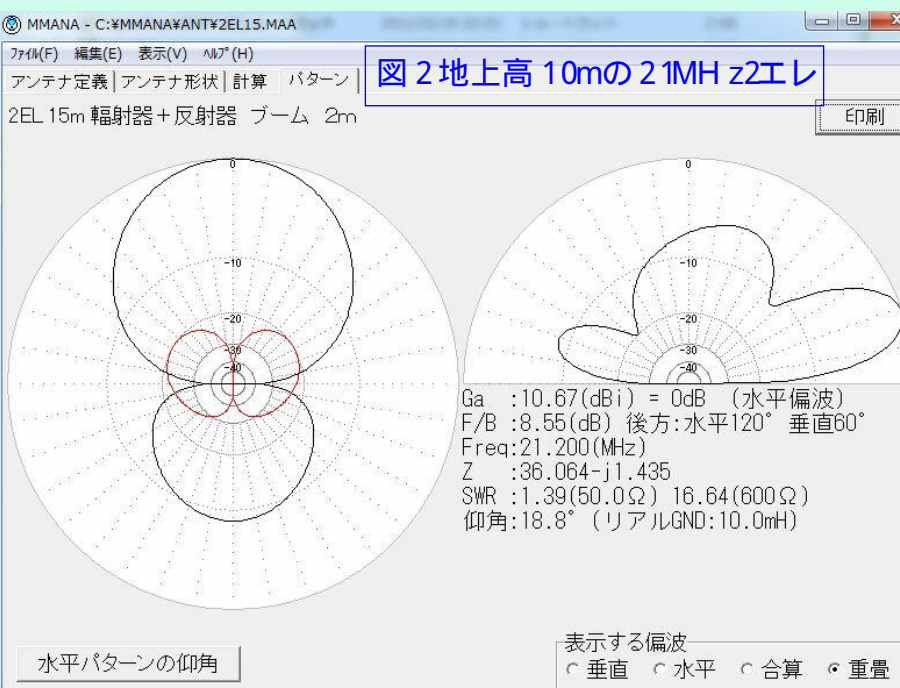
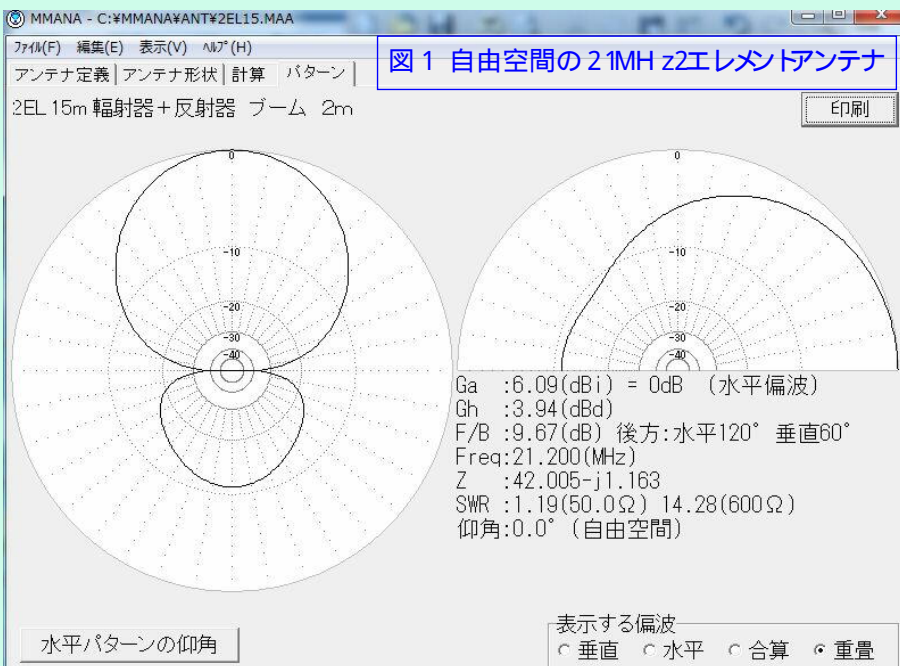
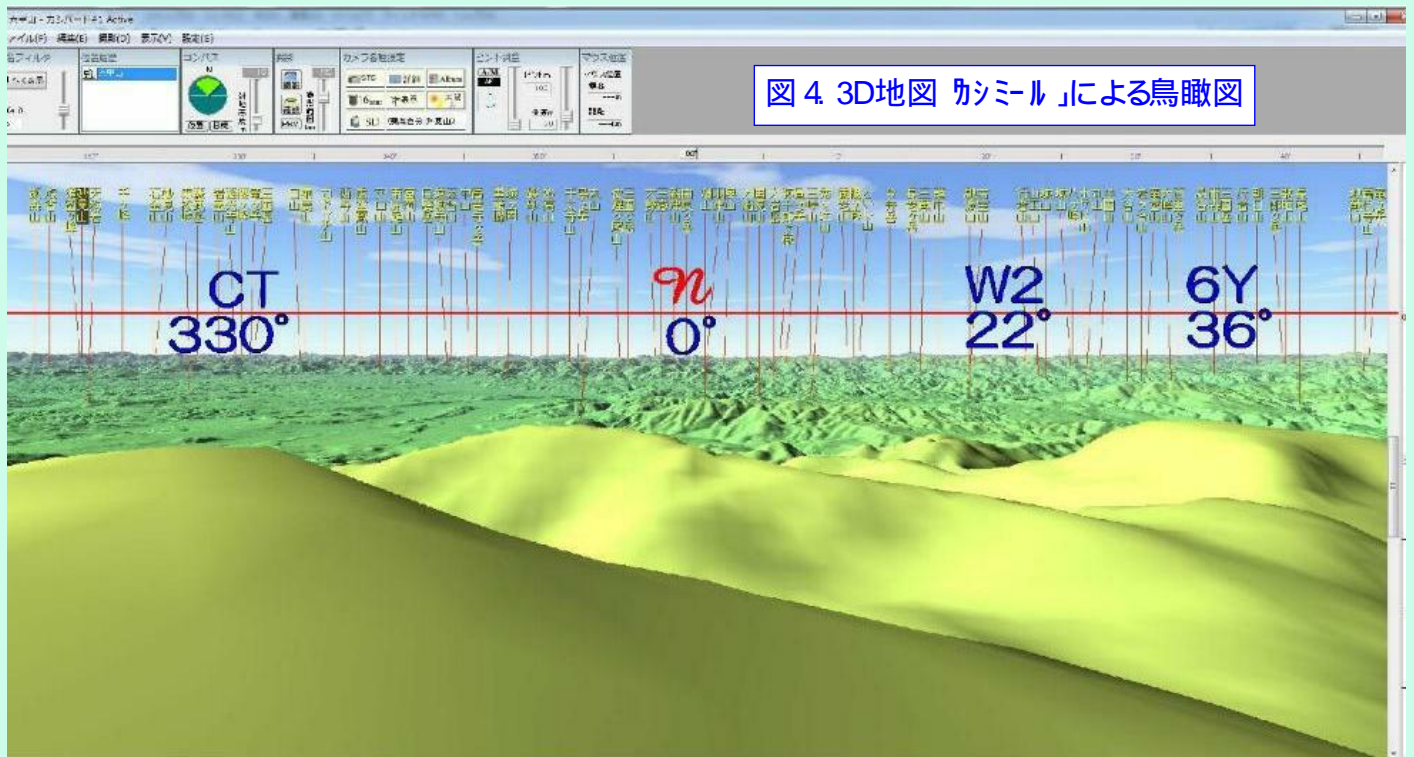


図3 六甲山頂付近の地図



図4 3D地図「カシミール」による鳥瞰図

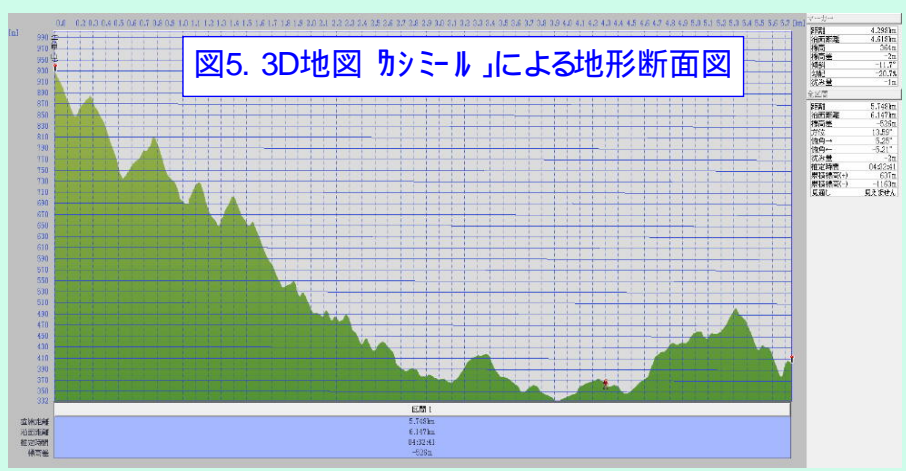


私は3次元地図「カシミール」上でカーソルで線を引くとその線に沿った断面図(図5)が作成されるのを利用して、断面標高数値データ(図6)を作成してHFTAに設定しました。

図7にHFTAの各種パラメータの設定状況を示します。

- 比較するアンテナは
- \* 平坦地の水平ダイポール。
  - \* 平坦地の2EYAGI (輻射器 + 反射器)。
  - \* ダイヤモンドポイントの水平ダイポール。
  - \* ダイヤモンドポイントの2EYAGI (輻射器 + 反射器)。
- いずれのアンテナも地上高10m,  
周波数は21.3MHz

図5. 3D地図「カシミール」による地形断面図



まず、北米東部方向ベアリング22度について見てみましょう。地形断面は図9に計算結果は図8に示します。グラフの縦軸はGAIN (左軸)、到来電波の仰角の頻度の割合 (右軸) 横軸は仰角です。滑らかなカーブ「赤」と「氷色」はそれぞれ平坦地の2エレとダイポールの仰角指向性を表します。波打った「青」と「緑」の曲線は六甲山頂に設置した2エレとダイポールアンテナの仰角指向性を表します。棒グラフはW2 (NY州) とJAとの伝播での到来電波の各仰角における頻度を表します。この図から見ると仰角1度が24.5%、2,3,4度が各10%で、これらで半分以上を占めています。

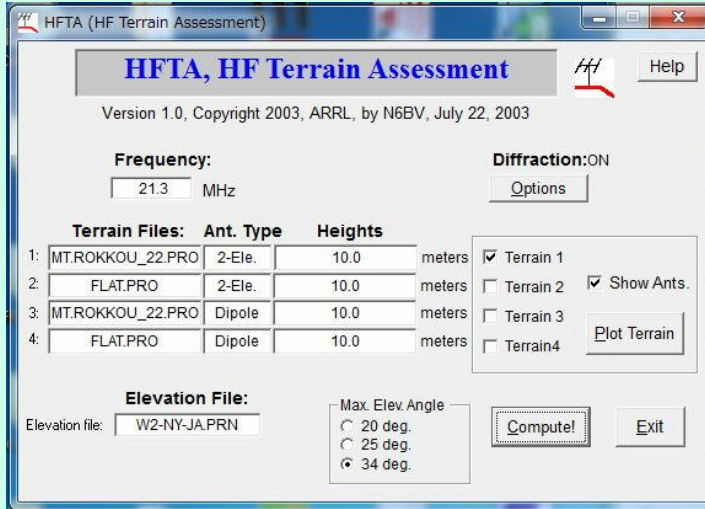


図7. HFTA設定画面

平坦地のアンテナの特性をこの電波の侵入仰角に照らしてみるとGainがあるのは、精々10度あたりから上でW2-JAの通信で50%以上を占める1~4度の低い角度の電波を利用する機会を捕まえることができないのは明白です。次に、六甲山頂のアンテナはたとえダイポールアンテナでも1度の仰角に対しても高いGainを持っており、W2-JAの通信にアンテナとしての機能を果たしてくれることが期待できます。すなわち、2エレやダイポールを10mの高さに上げた軽便なアンテナでも、地の利を得れば、DX通信に十分対応できることがわかります。HFTAでは総合評価を Fig. of Merit で現しています。六甲山頂の2エレ、ダイポールは夫々10.4、7.1、平坦地2エレ、ダイポールは3.4と1です。しかし、Fig. of Merit の数値が示されてもどの程度のアンテナが見当がつきににくいのですが、グラフを見るとそれぞれのアンテナの特徴を感じることができます。次にカリブ方面へのパスを検討しましょう。カリブの代表として6Y Jamaicaを選びました。方位は36度です。この方向への地形は図10に示します。視界をさえぎるものはありませんが、W2の22度方向に比べるとアンテナ基部からの勾配が緩くなり、足元に山が多くなります。(図4参照) 計算結果は図11に示します。

図6. 地形断面データ

Altitude (meters)	Profile Value
0	931
100	882
200	859
300	878
400	824
500	759
600	756
700	785
800	800
900	736
1000	696
1100	725
1200	676
1300	654
1400	703
1500	655
1600	619
1700	577
1800	541
1900	525
2000	497
2100	485
2200	485
2300	473
2400	435
2500	423
2600	431
2700	395
2800	391
2900	378
3000	372
3100	367

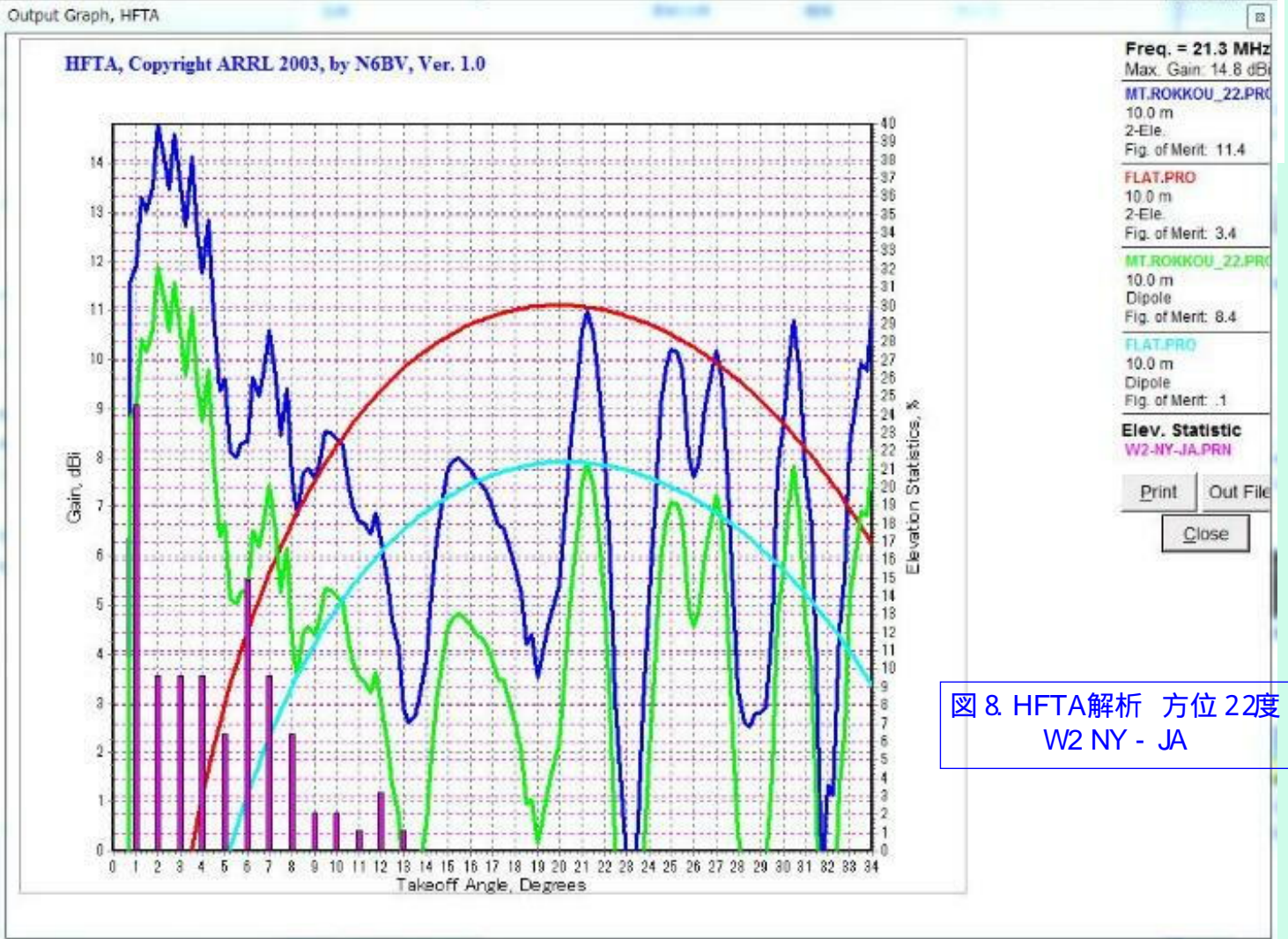


図8. HFTA解析 方位22度 W2 NY - JA

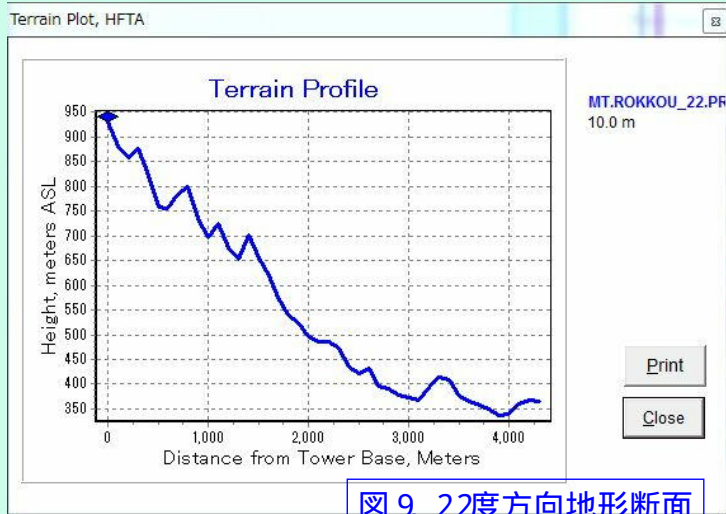


図 9. 22度方向地形断面

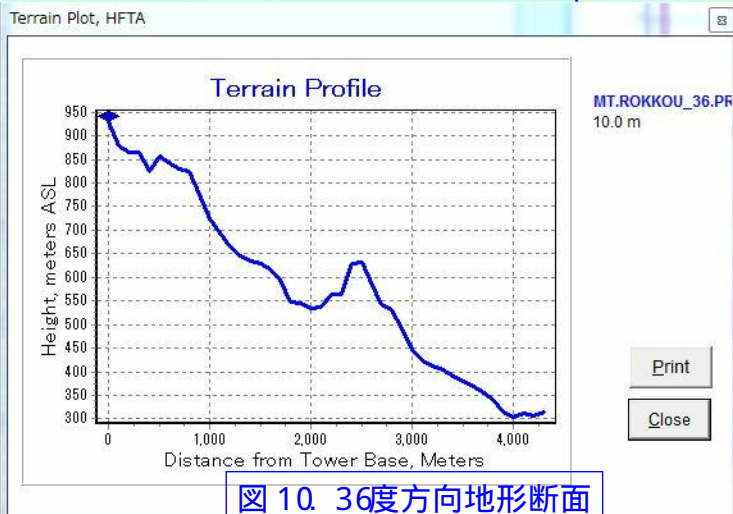


図 10. 36度方向地形断面

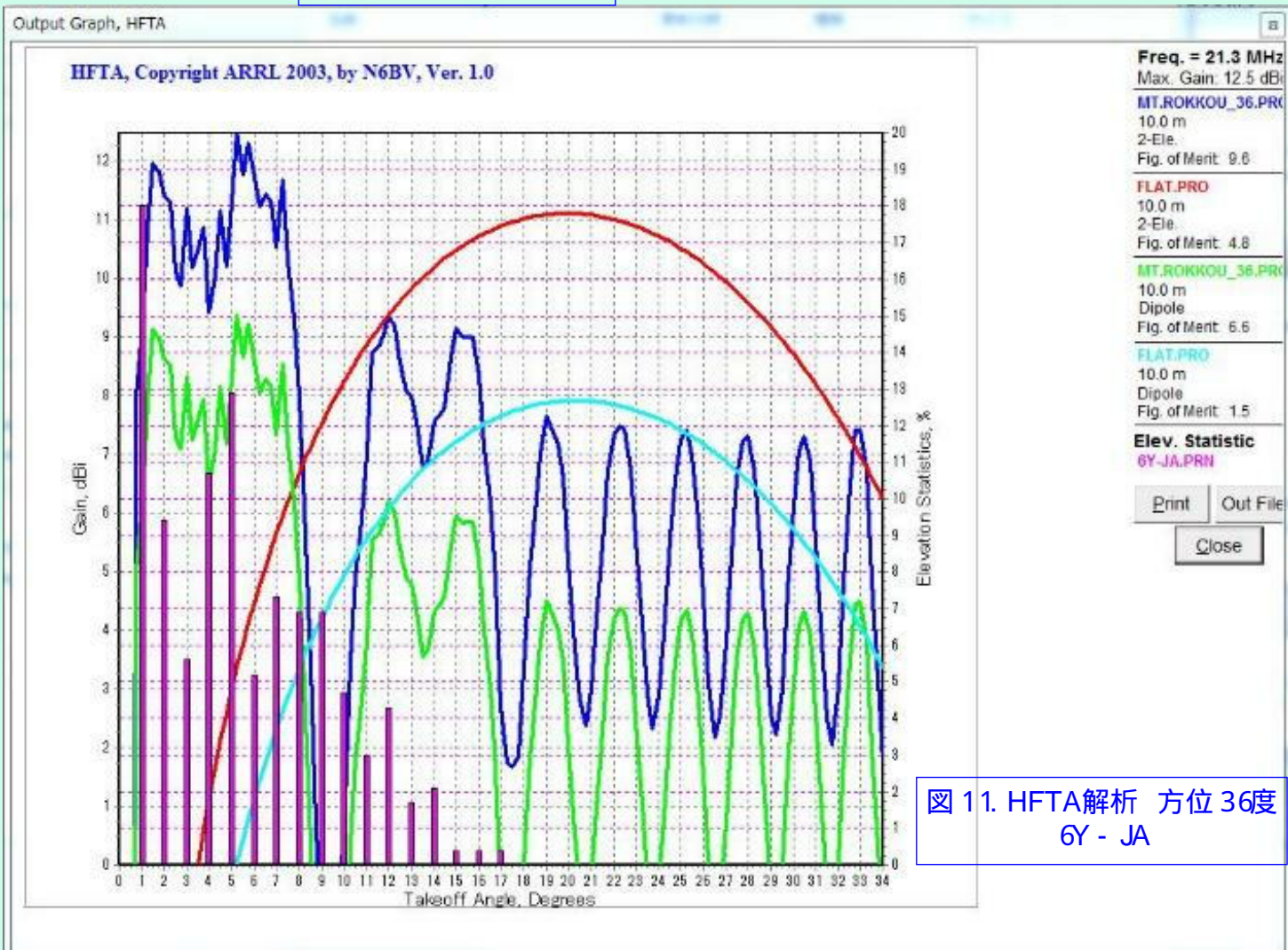


図 11. HFTA解析 方位 36度 6Y - JA

図 11の棒グラフは 6Y-JA の伝播の仰角の頻度を表しますが、1度～3度が1/3を占めます。六甲山頂のアンテナも足元に迫ってくる前方の山の影響ででしょうか、9,10度に深いディップでGainが低下しています。しかし8度以下では平坦地のアンテナに対してかなり優位です。この範囲で到来電波の75%を占めます。方位36度のカリブへの道程の途中にアラスカがあります。棒グラフをKL7-JAのデータに入れ替えてグラフを表示すると図12となります。アンテナの特性は当然のことながら変わりませんが、到来電波の仰角はKL-JAでは、8度以下の割合は50%あまりとなり六甲山頂のアンテナと平坦地アンテナの格差は若干少なくなります。9度以上の到来仰角に対しては平坦地アンテナの方がGainが高いため総合評価値 Fig. of Meritはこのケースでは平坦地アンテナと殆ど差がありません。(8.8:7.8 / 5.8:4.5) 36度方位の6Y (距離13,000km)とKL (距離5,600km)の比較で

判ることは近距離のKLに比べ遠距離の6Y-JAの伝播では低仰角のパスが多くなるので六甲山頂のアンテナが有利になります。近距離のKL7に対しては9度以上の仰角の占める割合が多くなるので六甲山頂アンテナは優位さがなくなります。次に、ヨーロッパ方面へのパスを調べてみましょう。断面図は図13です。足元から急斜面で下がっています。ヨーロッパ各国は方位330度前後に集まっています。このステディのため調べたDXへの方位リストは図14です。代表としてCTポルトガルを選びました。計算結果を図15に示します。六甲山頂のアンテナの垂直指向性のディップが11-12度にありますが、この角度での入来頻度は低く良好な性能を示してくれるでしょう。平坦地アンテナの仰角指向性を仰角ヒストグラムに対比してみるとCT-JAのQSOの機会はきわめて限られていることが判ります。

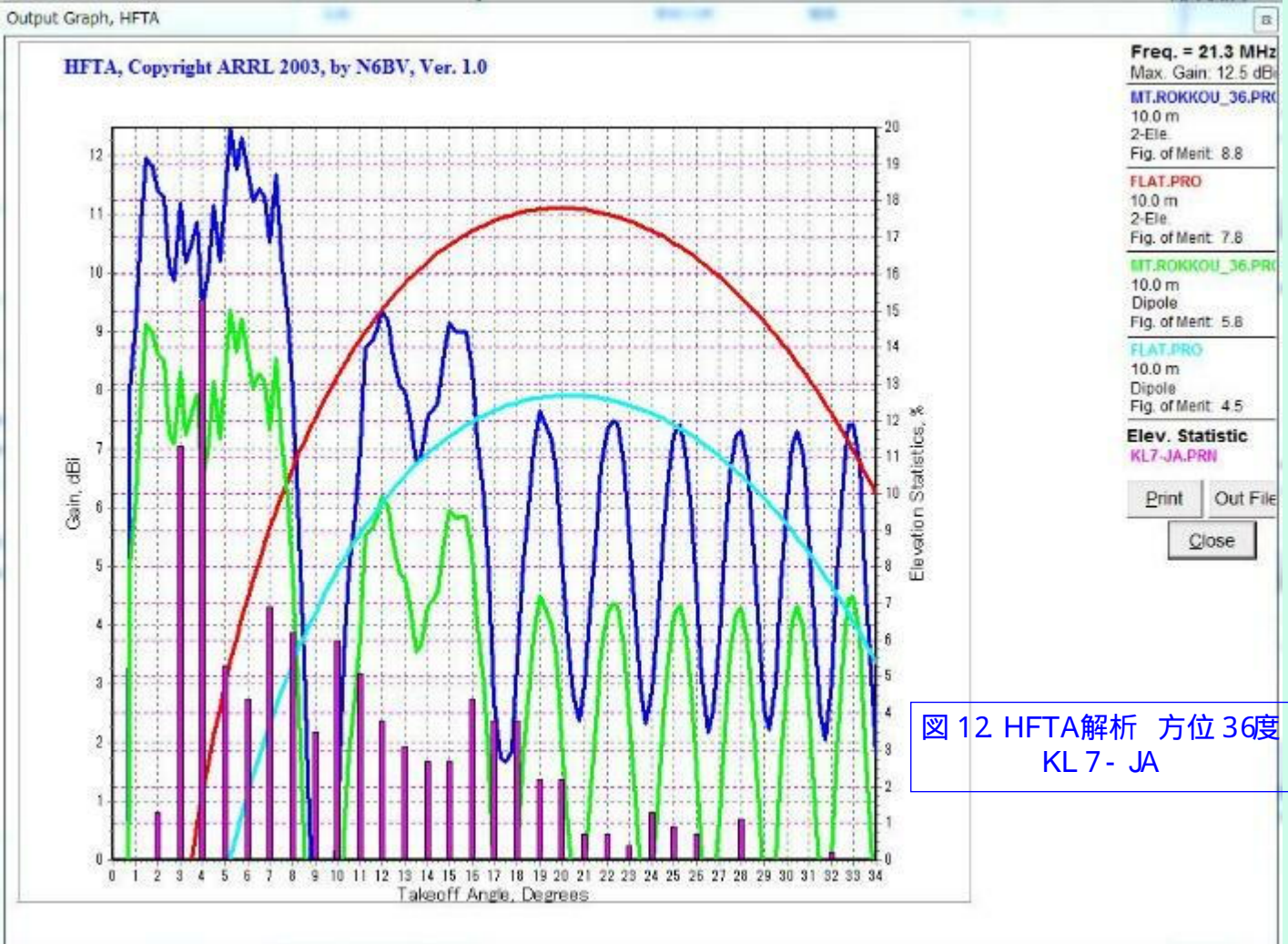


図 12 HFTA解析 方位 36度  
KL 7- JA

カリブ方面 (36度)で行ったと同様に、CTポルトガル (11,200km) と同方向でもっと近距離のOHフィンランド (7,800km) の仰角分布を用いて分析した結果を図 16に示します。  
CT- JAの伝播に比べOH- JAの伝播では1- 3度の頻度が減少し、ピークは4- 7度の仰角に移って来たので平坦地アンテナにもQSOのできる機会が増えてきましたが、ここでも六甲山頂のアンテナの優位性が歴然としています。六甲山での移動運用の殆どが国内通信を主体に、またVHF,UHFでの運用が多いので大阪方面、阪神間に対して開けている場所が人気があります。

HFによるDXを対象にした移動運用に適した場所となると、DXの方位への地形の勾配がポイントになります。連続でいくつかの地点を採り上げて、何回か書かせていただこうと思っています。検討対象地点のリクエストなどありましたらよろしくお願いたします。  
私が使用したHFTAはARRL Antenna Book 20th editionに付属のCDRのものを用いました。Antenna Book は22theditionになりましたが、現在もCDにはHFTAが納められているようです。

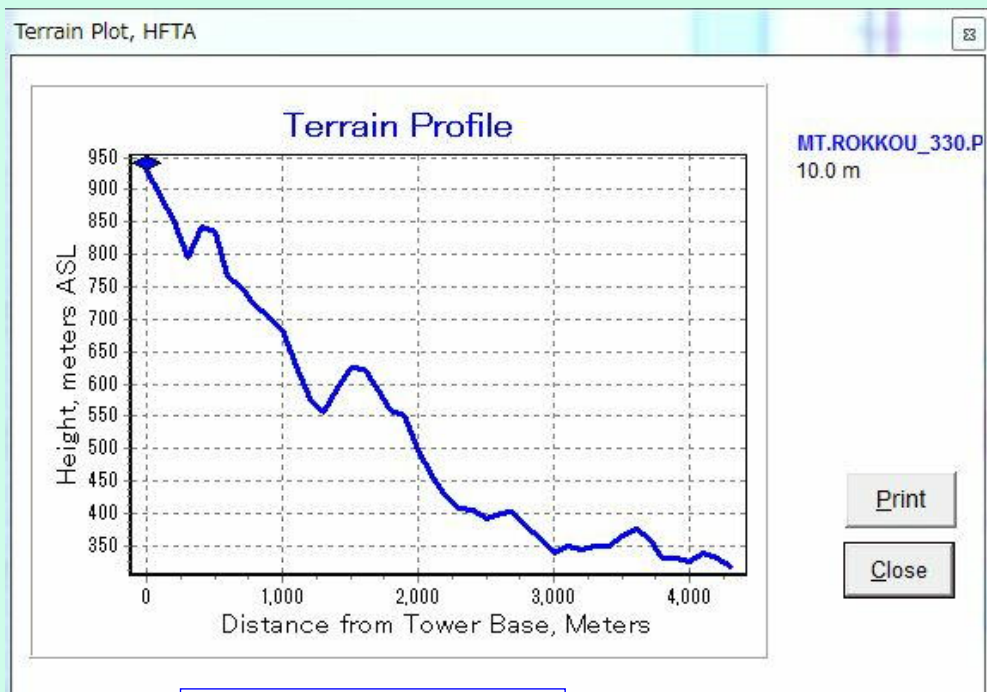


図 13 330度方向地形断面

DX	Deg	km
W1	19	11081
W2	22	11053
W3	24	11213
W6	52	9081
XE	52	11751
HK	41	14722
6Y	36	12789
OH	330	7724
I	321	9700
F	329	9904
CT	332	10957
SP	325	8453
EA	332	10818
DL	330	8932
UA3	322	7308
XT2	311	13075
OX	5	9023

図 14 DXへの方位

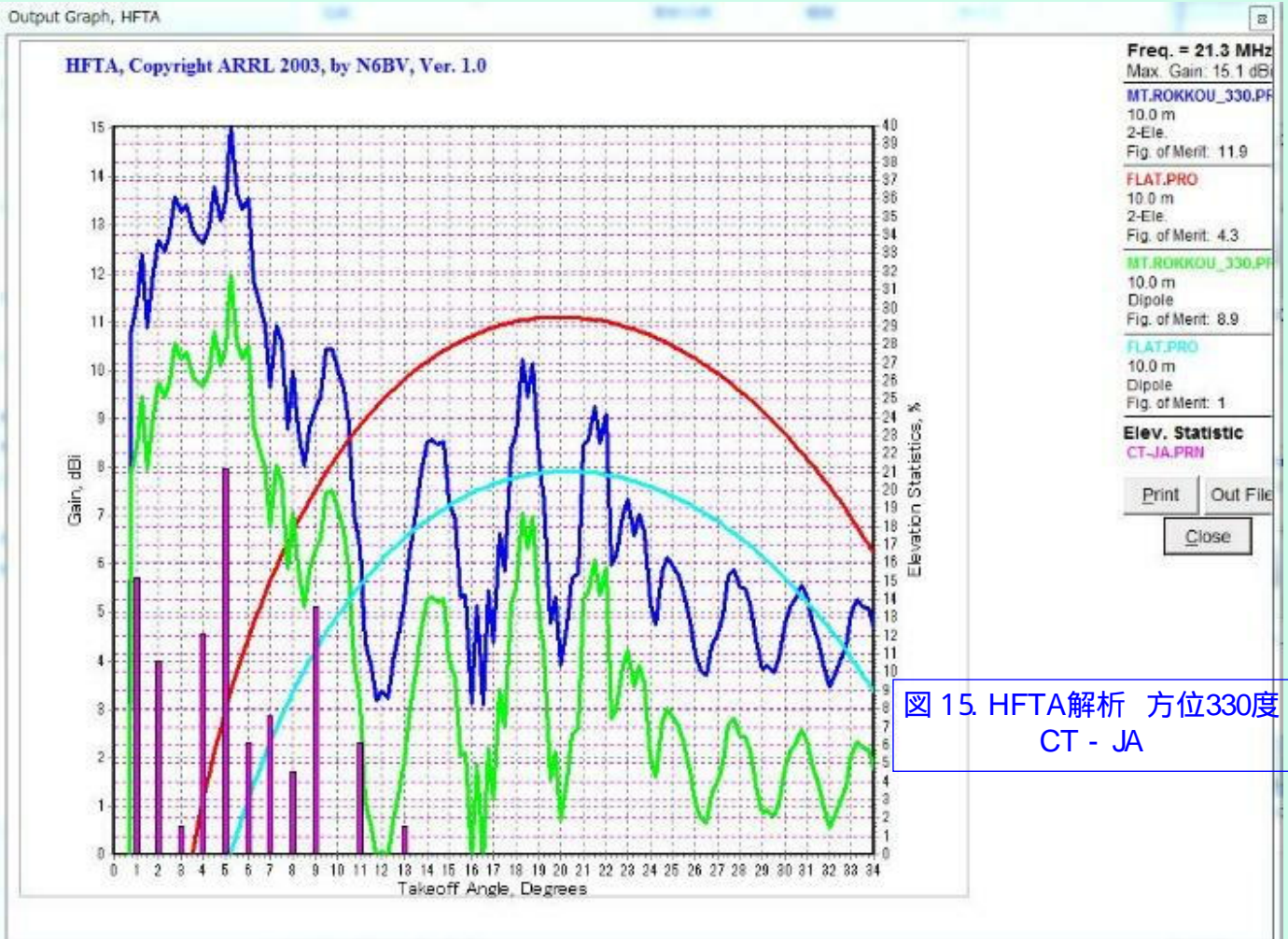


図 15. HFTA解析 方位330度 CT - JA

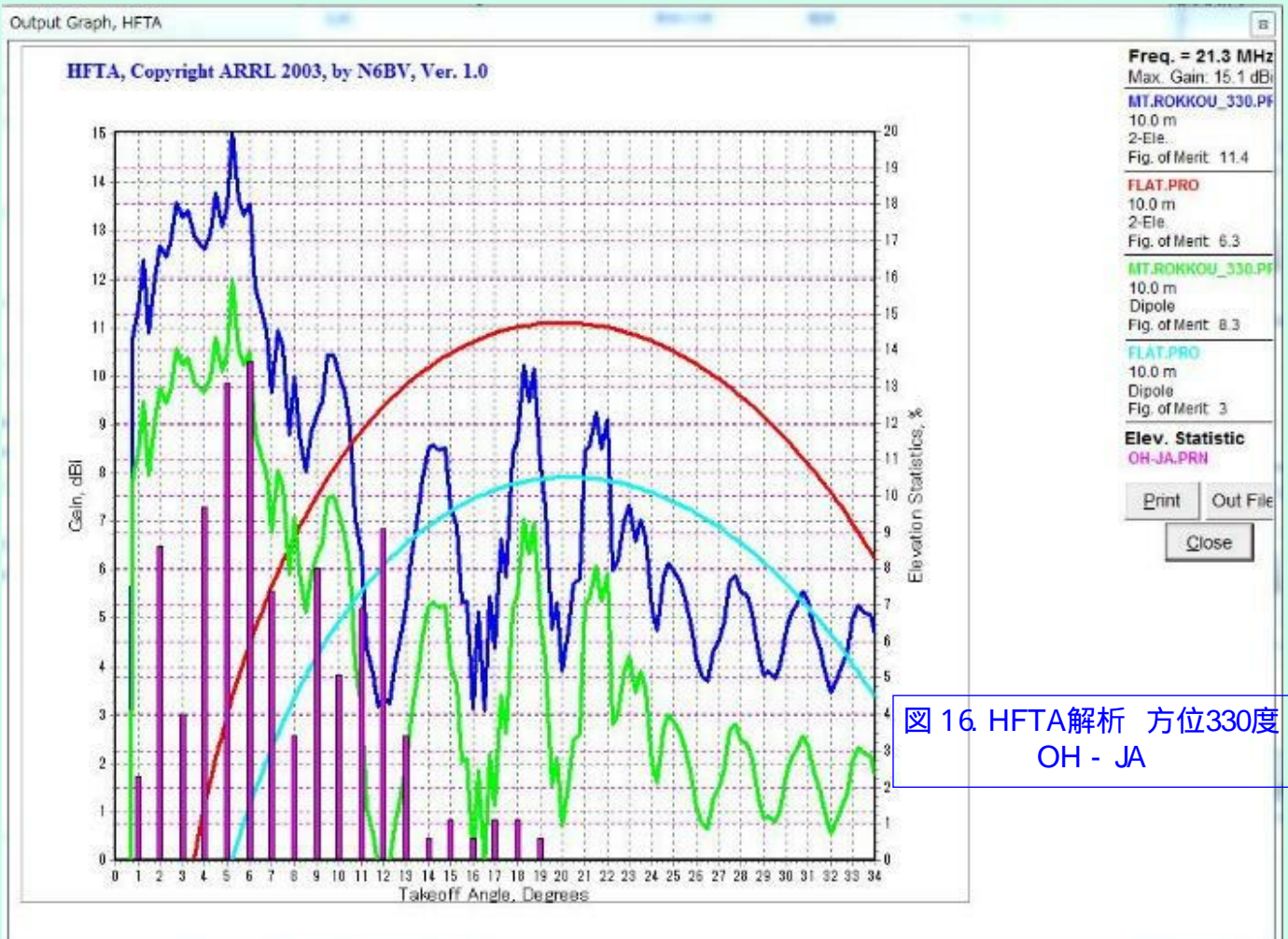


図 16. HFTA解析 方位330度 OH - JA