

Consideration of Measurement of S-band Patch Feed

Sバンド パッチ・フィードの測定についての考察

武安義幸 / JA6XKQ

測定結果と測定方法についての疑問点

パラボラ・アンテナの効率をアップすべく、パッチ・フィードの最適輻射パターンを求めて実験を行なってきました。ON6UG/G3RUH のパッチ・フィードを真似て作成したものの、図-1 に示すような最適輻射パターンよりも狭いビーム幅しか得られていま

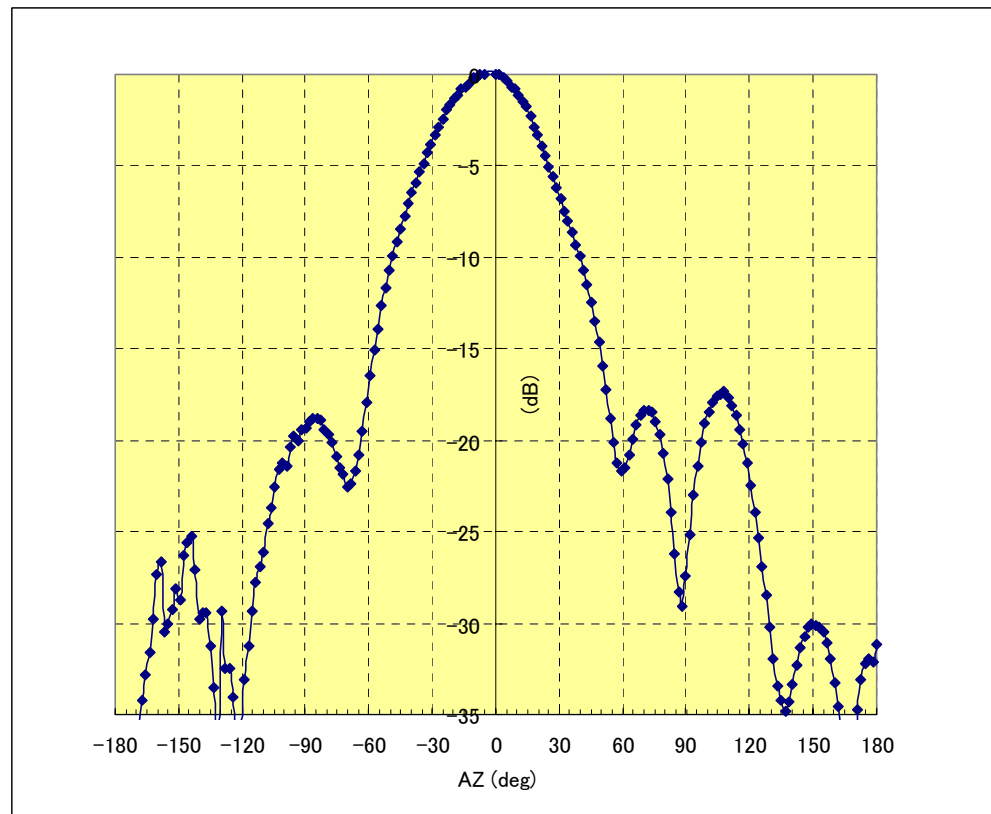


図-1 : 輻射パターンの測定例 (注意! 誤ったデータ)

せん。パッチの寸法パラメータを変えてみるものの、思ったような改善が得られません。はたして、パッチの寸法パラメータが悪いのか、測定方法自体が悪いのか、判断に窮する状態に陥ってしまいました。

取得データを整理して考察を行なってみます、、、マッチポンプであります。

検討要素

測定系の問題か、被測定物の問題化を切り分けるために、下記の項目を確認することにしました。

- ダウン・コンバータのリニアリティ
- 受信機 AGC の過渡応答特性
- ポジショナの角度校正
- パッチ・アンテナのディスクの材質
- 特性が既知で再現性のあるアンテナを測定

ダウン・コンバータのリニアリティ

受信レベルの校正は、ダウン・コンバータと受信機間のIF(中間周波数)に挿入したステップ・アッテネータで行なっています。したがって、ダウン・コンバータのリニアリティが悪い場合には、測定誤差を生じます。

ダウン・コンバータのリニアリティが問題になるのは、レベルが高い領域での飽和です。入力レベルが上がっても出力レベルが

正比例して上がらない訳ですから、現状のIFにアッテネータを入れてレベル校正する方法では、例えば 10 dB の変化量として捉えたものが、実は 10 dB 以上のレベル変化であったということになります。

今、着目している点は輻射パターンの -10 dB のビーム幅ですから、上記のリニアリティによる測定誤差を補正したとすると、真値は、よりビームが狭くなることになり、直面している問題には該当しません。

とは言うものの、ダウン・コンバータのリニアリティを確認し、現状の IF に挿入したアッテネータでのレベル校正が正しいものであることを確認することにしました。使用しているアッテネータは 2.4 GHz 帯もカバーしており、ダウン・コンバータの入力に挿入してレベル校正を行なってみます。

結果(データは省略しますが、、、)としては、有意な差は認められず、ダウン・コンバータのリニアリティの問題では(やはり)無いことが確認できました。

受信機 AGC の過渡応答特性

アンテナをステップング・モータで回転させていますので、受信レベルの変化、すなわち受信機の AGC は毎回ステップ応答を強いられていることになります。AGC のオーバーシュート、あるいはアンダーシュートを A/D コンバータが読んでいるのではないかと、との懸念があります。

この確認としては、レベル読取りとして使用している受信機のSメータ電圧(AGC 電圧)をオシロスコープで観察することと、モータのステップ回転後のA/D変換読取りタイミングを遅くする(AGC 電圧の過渡応答が落ち着いた点)ことの二つを行いました。

オシロスコープでの目視確認では、AGC 特性にオーバー/アンダーシュートは認められませんでした。また、A/D変換のタイミングを変えても取得されるデータに有意な差はありません。したがって、受信機 AGC の過渡応答特性は問題でないことが確認できました。

ポジショナの角度校正

角度はステップング・モータの 1.8 度/ステップという仕様ですべて依存しています。しかし、制御ソフトウェアや Excel でのグラフ作成で間違いを犯しているかもしれません。

輻射パターンの -10 dB ポイントを、ポジショナを載せているカメラ雲台(三脚)の角度表示で読み取ってみました。ステップング・モータの軸と雲台の軸は揃えており、両者の角度が一致するように設計/製作しています。

結果は、“**ポジショナの角度制御自体**“には有意な角度エラーは認められません。(後述)

パッチ・アンテナのディスクの材質

錆と導電率の観点から、パッチ・アンテナのディスクにはアルミ

を使用しています。アルミの表面には酸化膜があり、その比誘電率は 7 ~ 8 と高いものです。この酸化皮膜の影響で、特性変化を生じているのではないかと、この懸念を製作当初から抱いています。しかし、オリジナルの ON6UG/G3RUH のアンテナも総アルミ製であることから、この懸念は間違いであろうとも考えています。

導体を誘電体でカバーしたパッチ・アンテナをシミュレーションするプログラムもありますが、シミュレーションと実物との相違を検証する必要があります。本件の検証には本末転倒です。「案ずるより、、、」ということで、ディスクを実際に銅板で製作して、特性を測定してみました。

結果(後述のように測定法が誤りなのでデータは省略)は、メインローブが広がっているような、ないような、、、 明確な判断ができません。おそらく、的を外しているのでしょう。

特性が既知で再現性のあるアンテナを測定

前述の材料の違いを試す前に、本項を先に試すべきでした。測定系か被測定物か？の切り分けを行いたいので、被測定物の素性が判らない状態では、前項の結果のように何をやっているのか判らなくなってしまう。

試したアンテナは次のものです。

- 反射板付きダイポール (写真-1)
- EIA 標準ダイポール (写真-2)

- 円形パッチ (写真-3)
- 方形パッチ (写真-3)

それぞれの取得データ(後述のように測定法が誤りなのでデータは省略)は、いずれも、予想値/既知データよりもメイン・ローブが狭いものとなっています。

これで確信が得られました、測定法に問題があります。

角度の問題

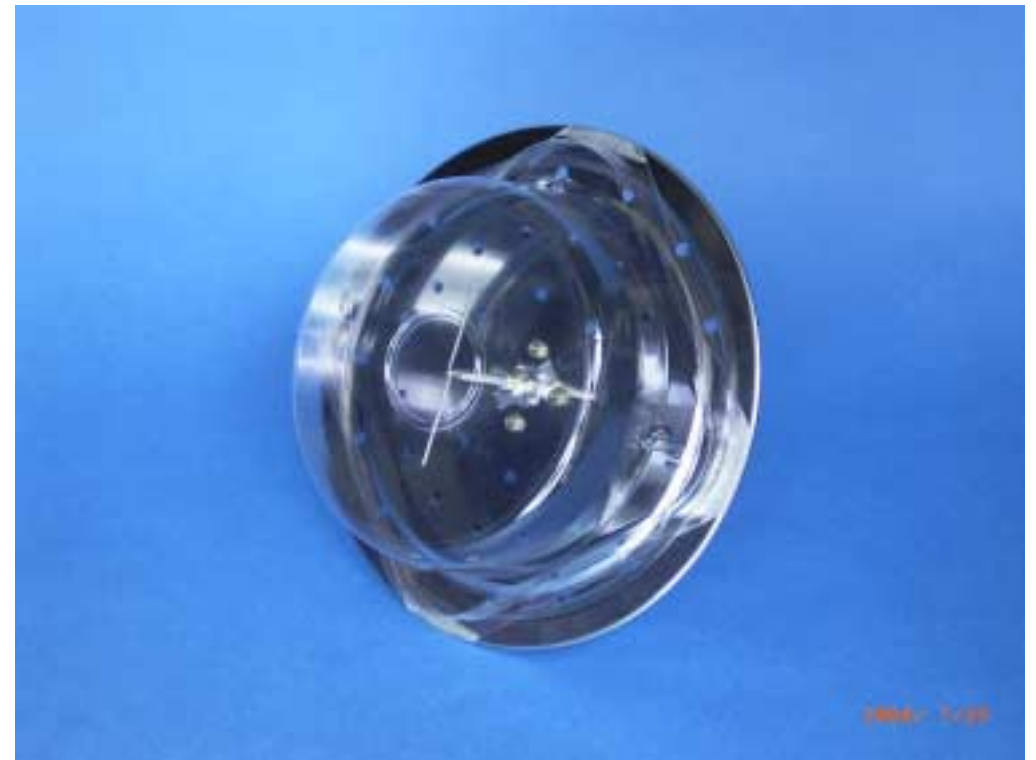


写真-1 : 反射板付きダイポール

これまでに取得したデータを再点検してみると、角度を小さく捉えていると解釈できます。試したアンテナはいずれも、90度の方向に大なり小なりナル(null)を持つはずなのですが、そのナルが、取得データでは90度よりも(多少の誤差を勘案したとしても)小さい角度に現れています。

データ取得時は、アンテナが自動で回転するので、PCに表示されるグラフをもっぱら眺めています。角度の問題であると気付いて、ふとアンテナの回転を見てみると、、、**ポジショナの90度が、アンテナの90度ではない！**？

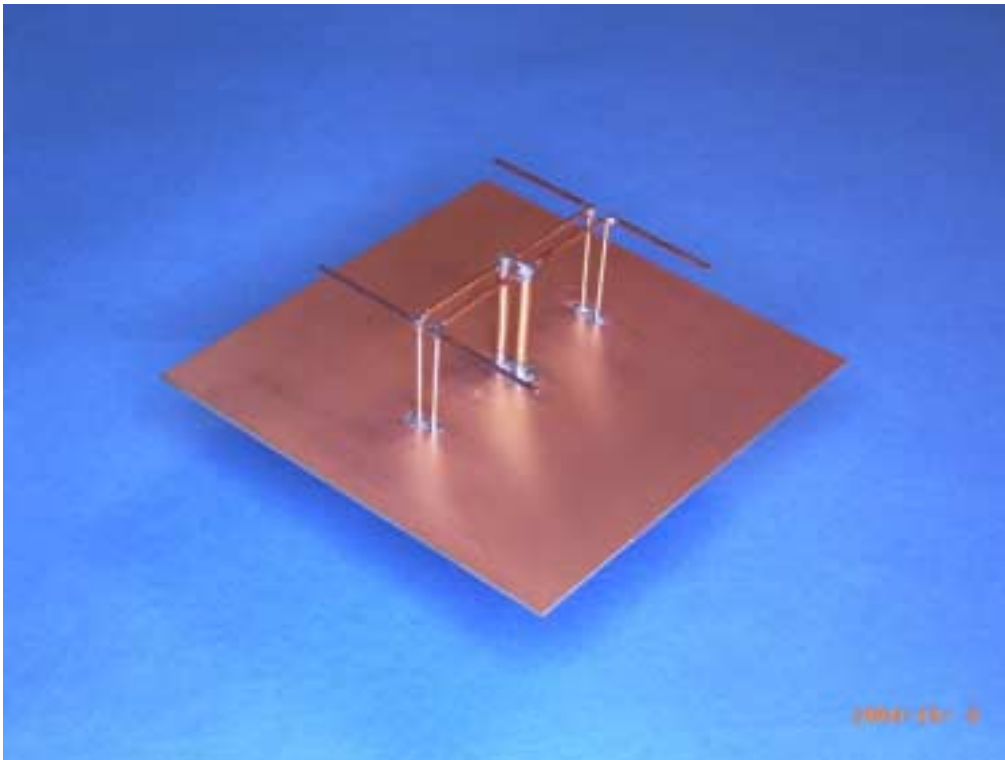


写真-2 : EIA 標準ダイポール

(C) 2004 Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

写真-4 は、ポジショナの様子です。写真中に矢印で示すように、回転軸からアンテナまでにはオフセット(ずれ)があります。このオフセットとアンテナ回転の関係を示したものが 図-2 です。

これまでのグラフで輻射パターンのAZ角としてプロットしてきたのは、ステッピング・モータの回転角である θ です。しかし、オフセット r があるために、実際のAZ角は ϕ となります。もし、アンテナ間距離 d が r に比べて十分に大きい場合には、 θ と ϕ は、ほぼ同一となり誤差は無視できます。また、アンテナを回転させた時の実際のアンテナ間距離 D も、AZ角に対応して変化

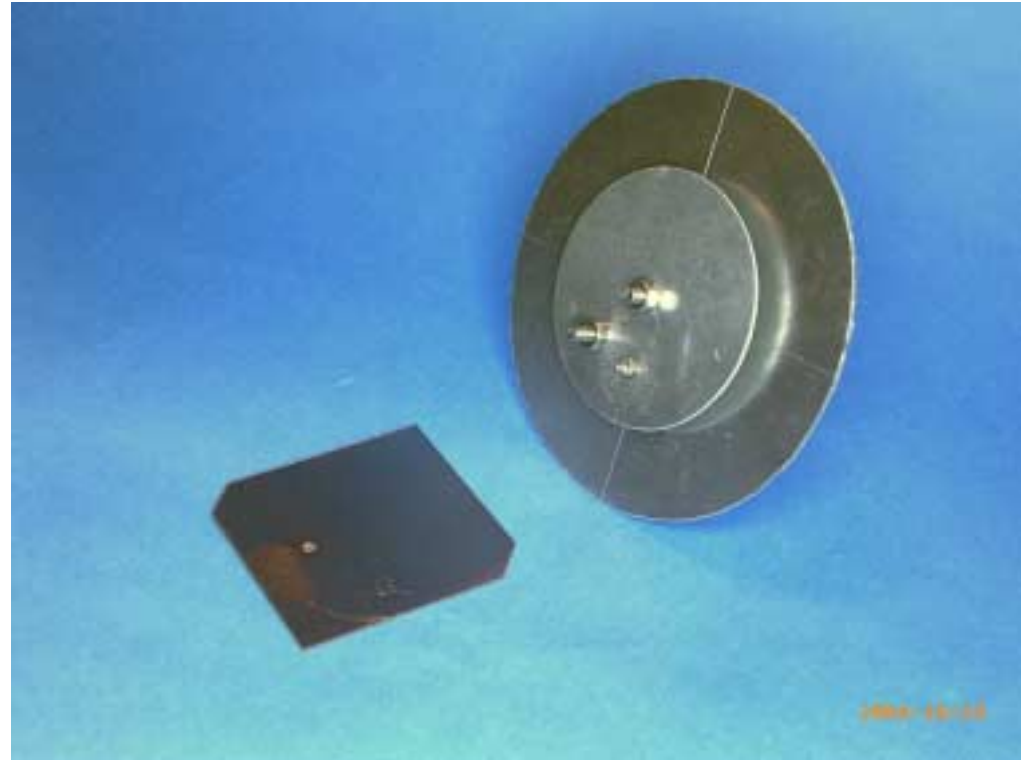


写真-3 : 円形パッチと方形パッチ

(C) 2004, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

(故に、パス・ロスも変化)します。さらに厳密には、信号源アンテナの指向性($\phi - \theta$)も補正すべきです。

「アンテナ測定というと、広いオープンスペースを直ぐに思い浮かべますが、狭い室内でも要点を押さえることで、それなりのデータを取得できると思います」

などと“ほざいた“のですが、「要点を押さえていません」でした。 θ と ϕ の差異、 d と D の差異が誤差要因となり、輻射パターンを真値よりも狭いものと捉えてしまったと考えられます。

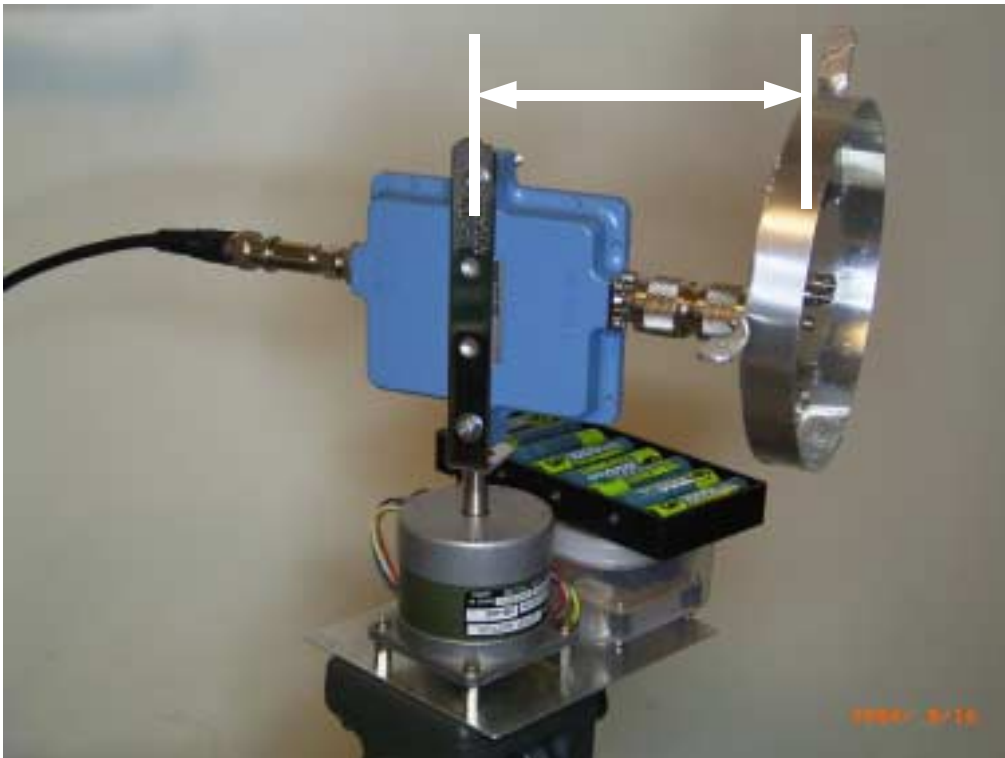


写真-4 : アンテナ回転のオフセット

(C) 2004 Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

図-2 に対して余弦定理を用いて、実際の数値を押さえてみます。

例えば、

$$r = 110 \text{ mm}$$

$$d = 320 \text{ mm}$$

の場合には、ステッピング・モータの回転角 θ と真のAZ角 ϕ の関係は 図-3 のようになります。この関係を 図-1 の測定例に適用したものが、図-4 です。

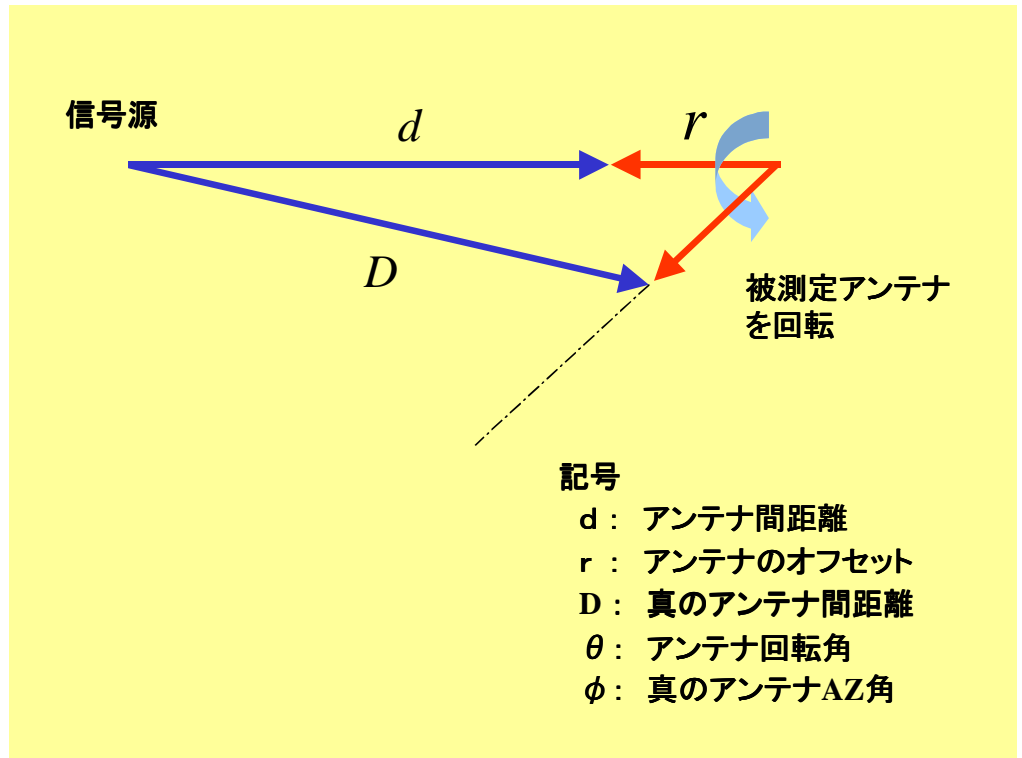


図-2 : アンテナ回転のオフセット

(C) 2004, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

輻射パターンの -10 dB 点と捉えていた 41.4 度(θ)が、実は 53.2 度(ϕ)という値になります。この時、距離(D)は 355 mmであり、 320 mm とのパス・ロスの差が 0.9 dB になりますので、パス・ロスの差も考慮すると、 -10.9 dB のポイントが輻射パターンの真の -10 dB ポイントであり、その角度は 55.3 度という具合です。この関係から測定値を補正したものが 図-4 のピンクのプロットです。

まとめ

およそ一年間悩んだ疑問点、、、パッチ・アンテナのビームが狭

かったのは測定法の誤り、、、オフセットにより角度定義に誤りを生じていました。この誤りを補正すると、製作したパッチ・アンテナのビーム幅は期待するような特性となるようです。反射波の影響がある場合、オフセットのために主波と反射波の位相が回転とともに変化するため、その合成値も変化します。したがって、オフセットによる物理的な角度誤差を補正するだけでは十分とはいえないでしょう。要は、オフセットをなくす、、、すなわち位相中心(Phase Center)でアンテナを回転させて測定すれば良いということ学びました。

//
☆

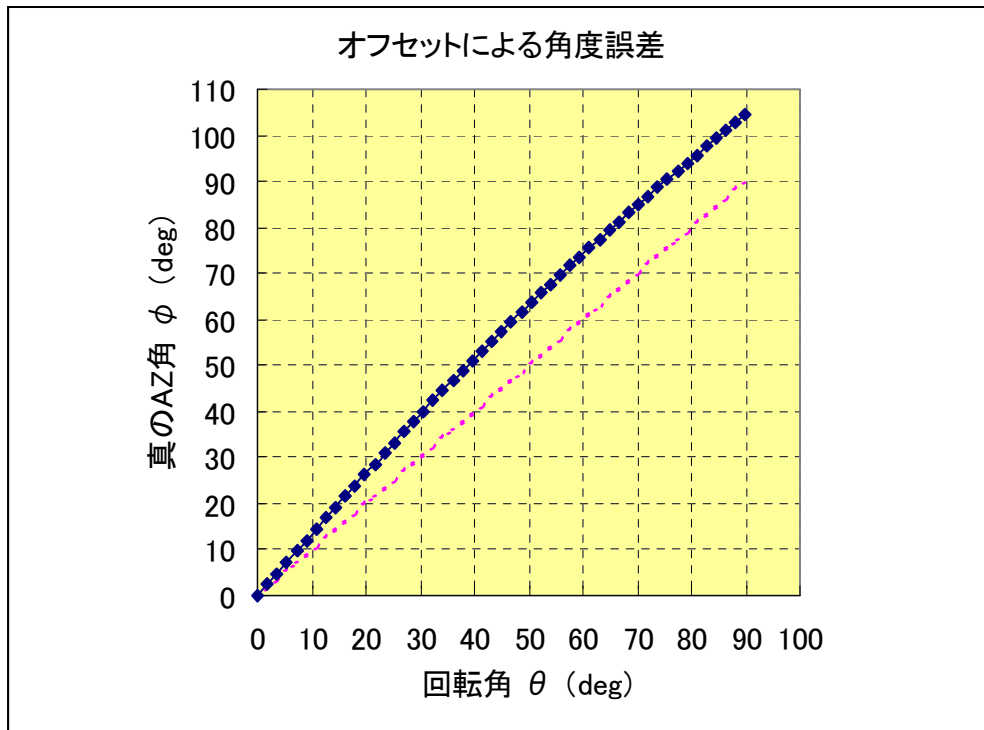


図-3 : オフセットによる角度誤差

(C) 2004 Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

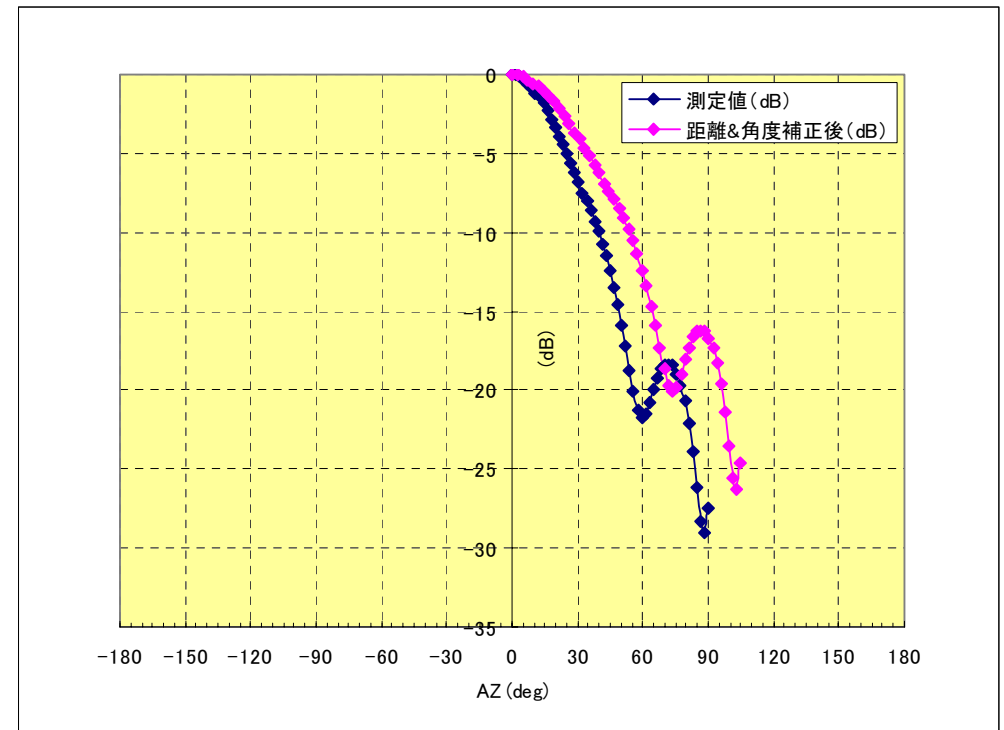


図-4 : 角度誤差の補正

(C) 2004, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ