

Geodesic Parabola Antenna
ジオデシック パラボラ アンテナ
武安義幸 / JA6XKQ



写真-1 : 完成外観

製作の経緯

ストレス・ディッシュ、いわゆる傘ボラを製作する過程で、パラボラ・アンテナの従来からの構造に疑問を感じました。従来から用いられている構造は、放射状に伸びたリブを円形のリブで束ねたものです。この構造で、周辺部での面精度を向上させるには、もっぱら放射状のリブ本数を増やすことが行なわれています。しかし、単純にリブの本数を増やしても、中央部と周辺部でリブの密度が異なる(すなわち、面精度や網張りの観点で均一ではない)という本質的な問題は解決できません。また、放射リブと円形リブの組合せでは面セグメントが台形であり、組立ての際に変形を生じ易いので注意が必要です。

また、網張りについても疑問を感じました。従来のもものでは構造上、パラボラの凹面に網を張らざるを得ませんが、傘ボラを作ってみると、凸面に網を張ることの簡単さ(引っ張れば、シワは生じない)を、他でも使わない手は無いと思ってしまう。引っ張る方向にしても、従来のように放射状に引っ張るのではなく、ななめの測地線(Geodesic Line)方向に引っ張ると、縦横のシワを効率的に排除できることが「傘張り」で判りました。

この経験と、その工学的な美しさに魅せられていたバックミンスター・フラーのジオデシック・ドーム(例えば、かつての富士山頂のレーダードーム)を結びつけたものが、このジオデシック・パラボラ・アンテナです。

効能

- ① 薄い材料を使用できるので、ストレス・ディッシュの原理を適用でき、型やローリングミル等での整形が不要。組立てれば放物面が形成できる(はず、、、)
- ② 面セグメントが構造的に安定な三角形で構成されている
- ③ 外周部でもほぼ均等なリブが存在するので、網張りが容易(面精度が高い、、、というのはおこがましい)
- ④ リブの材料が薄いので面精度として無視でき、凸面に網張りが可能

アンテナ仕様

市販材料の有効活用とAO-40用として十分な直径確保という観点から、長さ1mのアルミ型材を基本とすることにしました。

パラボラ・アンテナの重要な仕様パラメータはF値(=f/D)です。F値とフィード輻射角は密接な関係にあり、ON6UG/G3RUHのパッチ・フィードを使用したいと、今回はF=0.35としました。

傘ボラではF=0.5としたためトップヘビーとなり、三脚上でのバランスが悪かった点からも、F値を小さくした次第です。ただし、ストレス・ディッシュとしては、F値が小さい、すなわち深いディッシュは苦手なのですが、今回の独特のリブ構造が深いディッシュでも面をうまく形成してくれることを期待して、小さいF値に

挑戦してみました。

上記二点の拘束条件から設計した結果、アンテナの仕様は次のとおりです。

f/D : 0.35
直径(D) : 917mm
焦点距離(f) : 320mm
深さ : 164mm

直径(7.3λ)から推定すると、約23dBのゲインと見込めます。完成後に重量を確認したところ、パッチ・フィードとマスト・クランプを含んで約1.3kgとなりました。

製作材料

- ①リブ : アルミ型材
幅10mm×厚さ2mm×長さ1000mm 14本
- ②金網 : 網戸用のアルミ製ネット 91cm×200cm
(定尺だが、かなり余った、、、)
- ③ねじ類 : ステンレス製 M2×12ミリ 30本
(12ミリでは一部において長すぎるが、大は小を兼ねるということで、、、気になる方は、適材適所で長さを変えてください)
- ④ステンレス線 : 網張り用 #30(0.28mm) 15m
(途中で失敗したので、15mでは足りなかった、、、)

⑤パイ皿 : パイ焼き用のお皿(φ18cm)
(マスト・マウント用に使用、、、100円ショップで発見)

⑥アルミ板 : 厚さ1mm
(φ12cm程度に切り出し、エポキシ接着剤でパイ皿に貼り付けての補強に使用)

⑦マストクランプ : 2セット
(Uボルトではなく、コの字ボルト)

ねじは2mmでは細すぎると感じるかもしれませんが、材料の弾性がこのアンテナの必須事項なので、穴開けで弾性を損なわないように、最小限サイズのねじを使用しています。ステンレス製なのでせん断応力も高く、見た目よりも丈夫です。

網張りはステンレス線で行なうのが、リブ材に穴開けをしない点(弾性を損なわない)と、網の張り具合を調整できる点(後述)で良好だと思います。

工作

リブの裁断と穴開けで、このパラボラの完成精度が全て決まります。パラボラのリブは、写真-2に示すように、直径方向のリブA(3本)、測地線方向のリブB(6本)、円周方向のリブC(12本)で構成されています。

リブAの全長=1000mm

リブBの全長=846mm

リブCの全長=247mm

14本の材料のうち3本はリブA用として、そのまま使用します。6本からは、リブB用として846ミリを切り出します。鋸代を考慮して、1mからリブCを4本切り出します。したがって、12本のリブCのために、3本の材料を使用します。リブAからリブCに合計で12本の材料を使用します。残り2本は、フィードサポート(長さ370mm)に使用します。

写真に示すA1/A2、B1/B2、およびCは、穴開けの間隔を示しています。

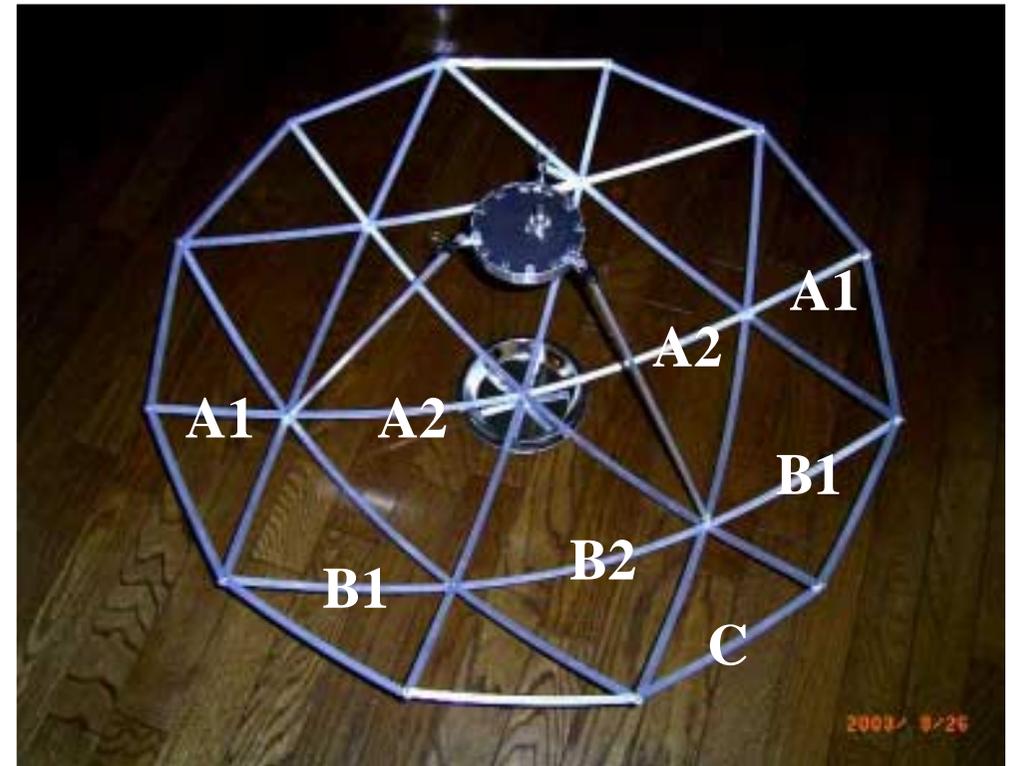


写真-2 : リブの寸法採り

リブAには5個のねじ用穴($\phi 2.1$)を開けます。その間隔は、
A1=174mm
A2=321mm
両端の穴は、端からそれぞれ5mmの位置に開けます。

リブBには4個のねじ用穴を開けます。その間隔は、
B1=262mm
B2=312mm
両端の穴は、端からそれぞれ5mmの位置に開けます。

リブCには2個のねじ用穴を開けます。その間隔は、
C=237mm
両端の穴は、端からそれぞれ5mmの位置に開けます。

組立て

組立ては、リブA→リブB→リブCの順番に取付けを行ないます。リブを重ね合わせる順番は、対称性を保つように注意します。(写真-3、-4参照)

リブCを取付ける段階になると、リブ全体での弾性の強さに驚くことでしょう。二人掛りで、あるいはリブを紐で仮にすぼめ(弓の弦のように、、、)ながら作業すると楽です。

三角形の組合わせなので、構造的に頑丈です。一方では、寸法採りと穴開けの精度を1ミリ程度に押さえておかないと、(三角形は変形しないので)組上げに苦勞することになります。組上げただけでパラボラになるのは不思議な感覚です。

網張り

網張りは、扇型に分割するのが良く行なわれていますが、たるまないように張るという観点では改善の余地があるようです。

このジオデシック・パラボラでは、伸び縮みしない新聞紙を型紙にして、シワの少ない網の分割を試行錯誤してみました。結果として、測地線に沿って中央部を台形で3分割、周辺部を三日月形で3分割するという案に到達しました。(写真-5の赤い形状)

型紙を写真-6に示します。写真の寸法はリブ(幅10mm)の中心

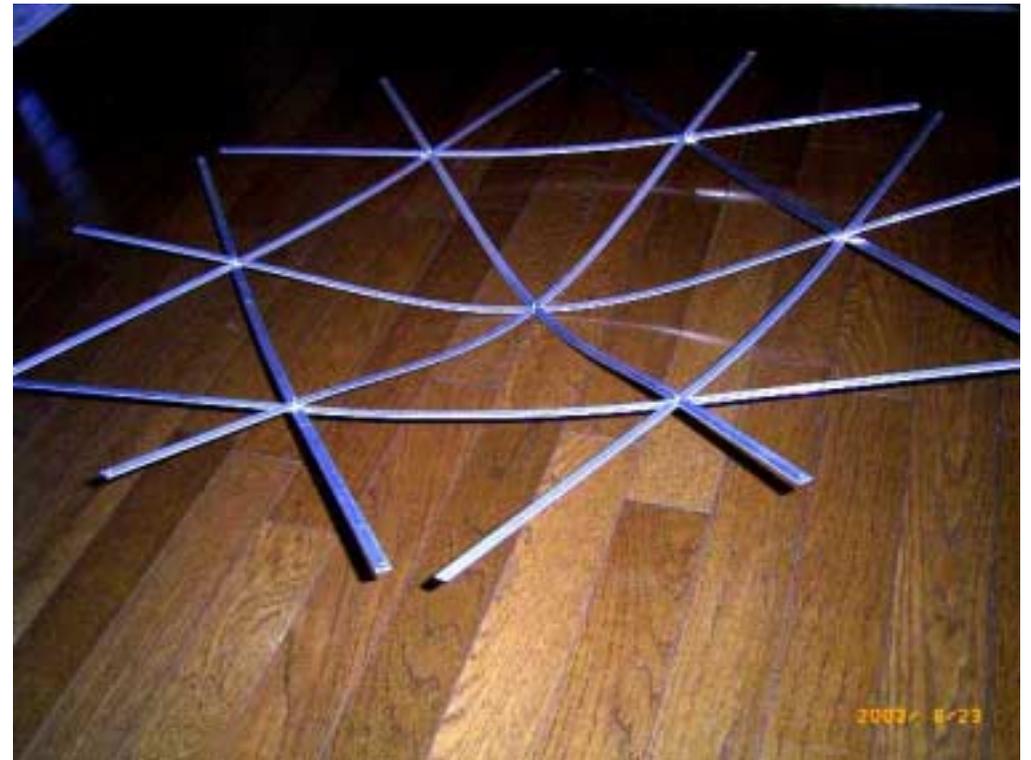


写真-3 : 組立て途中のリブ

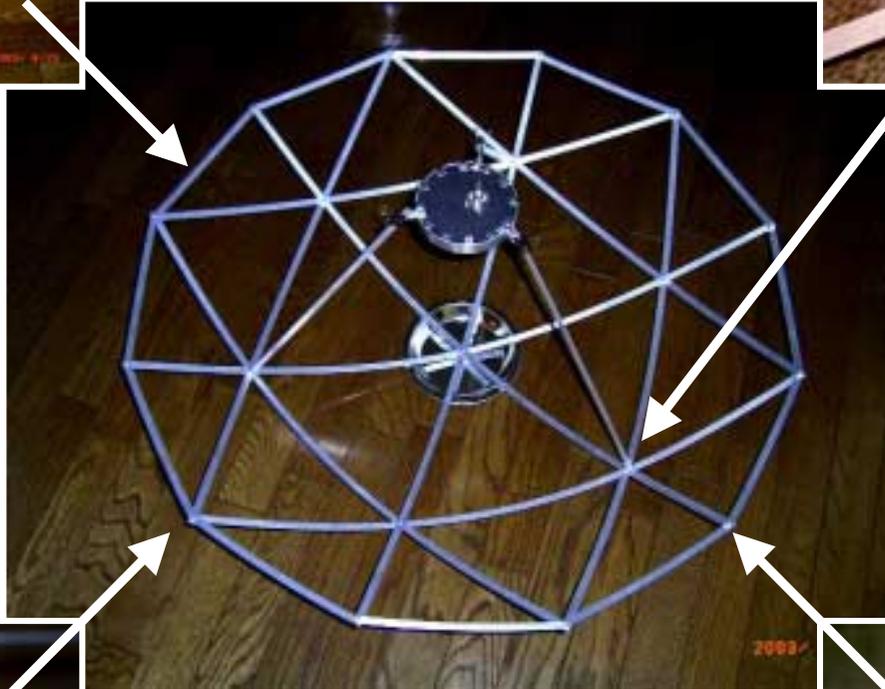
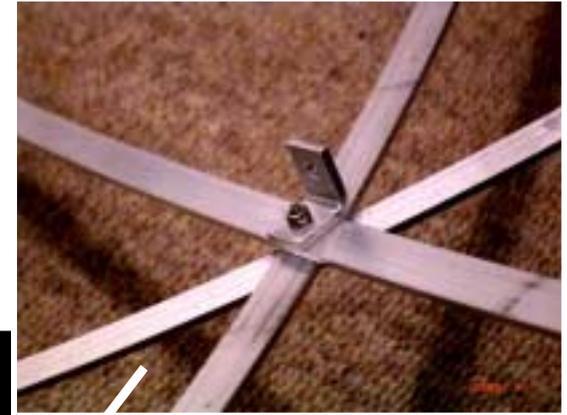


写真-4 : リブの組立て細部

を結んだ線(つまりは、リブの穴開け間隔と同じ)を示しており、裁断用型紙は、中心線で構成されるセグメントよりも15ミリ程度大きくして、網の折り曲げ代を確保しておきます。型紙の製図は、コンパスで三角形を描く要領でおこないます。(コンパスの代わりにヒモを使って、、、)

実際に金網を裁断する前に、新聞紙を型紙で切出してパラボラにあてがい、イメージトレーニングされることをお勧めします。

注意！：金網の切り口は大変危険です。厚手のゴム手袋を着用して作業を行なってください。また、目の保護のために眼

鏡、工作用ゴーグル等を着用してください。カーペットの上での作業は厳禁です。金網の細かい切り屑が紛れ込んでしまい、足の裏に刺さりケガのもとです。切り屑は飛び散ったらその都度処理しましょう。後で発見、始末するのは至難です。注意一秒、ケガ3日(場合によっては一生)！ 経験者は語る、、、

金網を切出したら、切り口の“ほつれ“防止のために縁を10ミリ折返します。この時、定規として、リブの余材を使うと便利です。

さて、いよいよ網張りです。網をリブにステンレス線で“かがる“作業を、写真-7に示した順番で行います。2枚の網の重なり



写真-5 : 金網の分割

(C) 2003, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

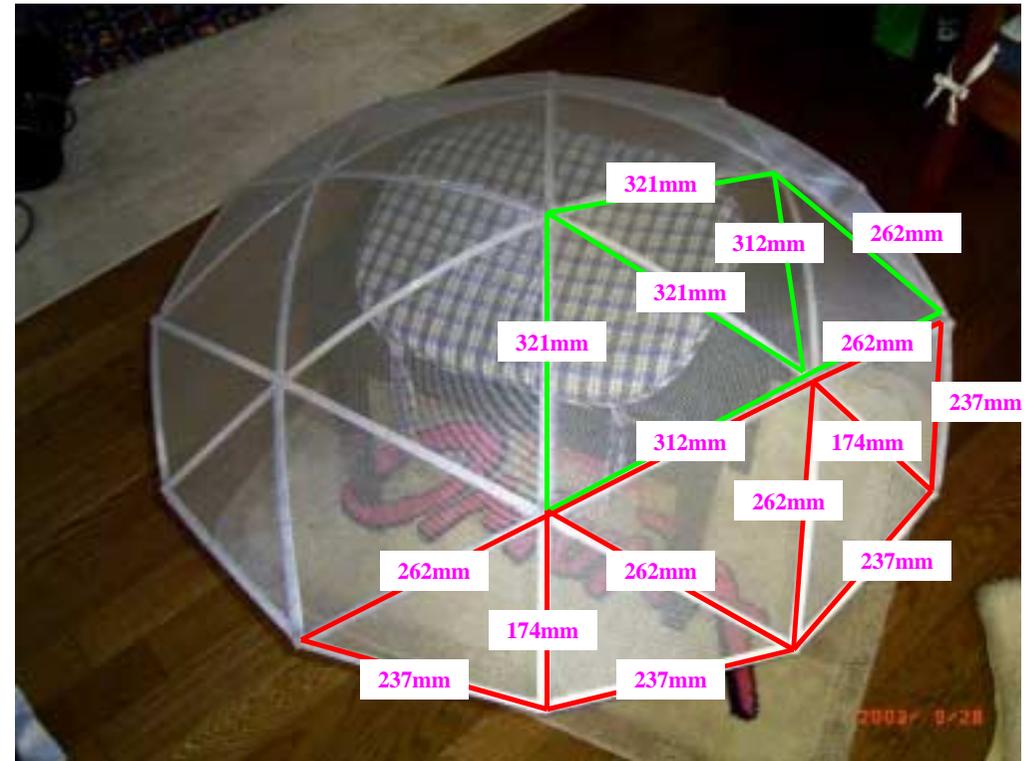


写真-6 : 金網の型紙寸法

(C) 2003, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

を、いきなり“かがり“のは難しいので、2~3箇所を仮止めしておいて、リブ全辺にわたって“かがり“を行ないます。

金網の張り具合が気になりますが、写真-8に“網掛けマーク“で示したラインは基準となるラインなので、固定するだけで引張りません。写真-8の矢印で示した方向のみ引張りを行ないます。

ただし、その引張りも、ステンレス線の“かがり“具合で調整することができます。引張りを行なう辺については、写真-9に示すように、ステンレス線を差込む網目をリブから一目だけ離すことで、ステンレス線を締上げる際に適度なテンションを網に与える

ことができます。

ステンレス線の締上げは“かがり“ながら行なわず、まず辺全体にステンレス線を巻きつけた後に、ドライバーなどでステンレス線を引っ掛けて締上げていくと効率的かつ均一な仕上がりになります。

パラボラの凹面から見て、リブからはみ出した折り曲げ代は、最後にはさみで切り取ると良いでしょう。

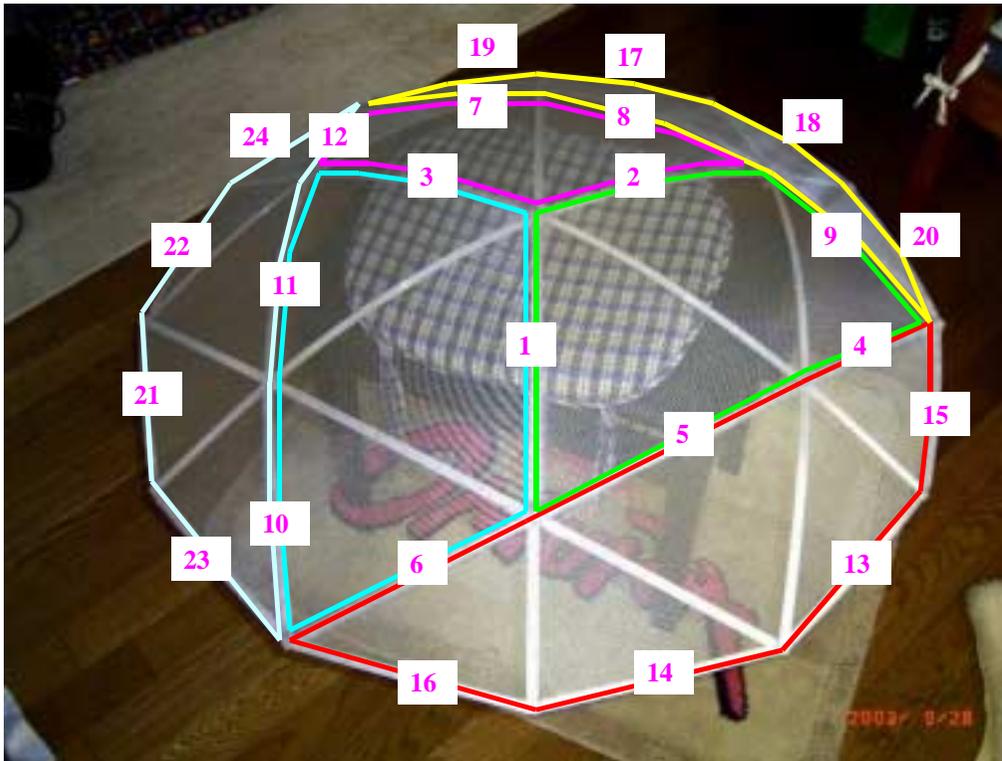


写真-7 : 金網の“かがり“の順番

(C) 2003, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

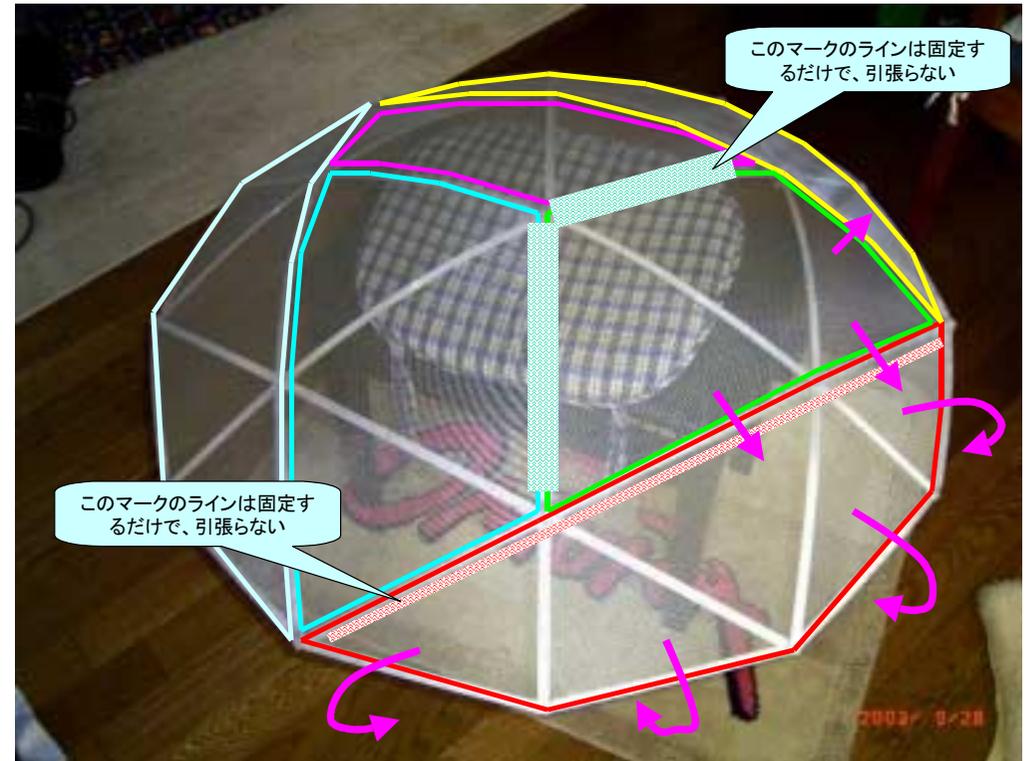


写真-8 : 金網の張り具合

(C) 2003, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

その他の工作

① フィードサポート(写真-10)

フィードのサポートは、リブの交点から立ち上げます。パラボラの周辺からサポートを出したのでは、パラボラのリブとサポート自体の強度が不足します。網張りの前に、L字形の金具をリブに友締めしておきます。L字形金具は、リブの余った型材から作ります。

サポートの長さは 370mm としました。フィードの焦点距離調整を見込んで、少し長めとなっています。薄い2mmの型材なので

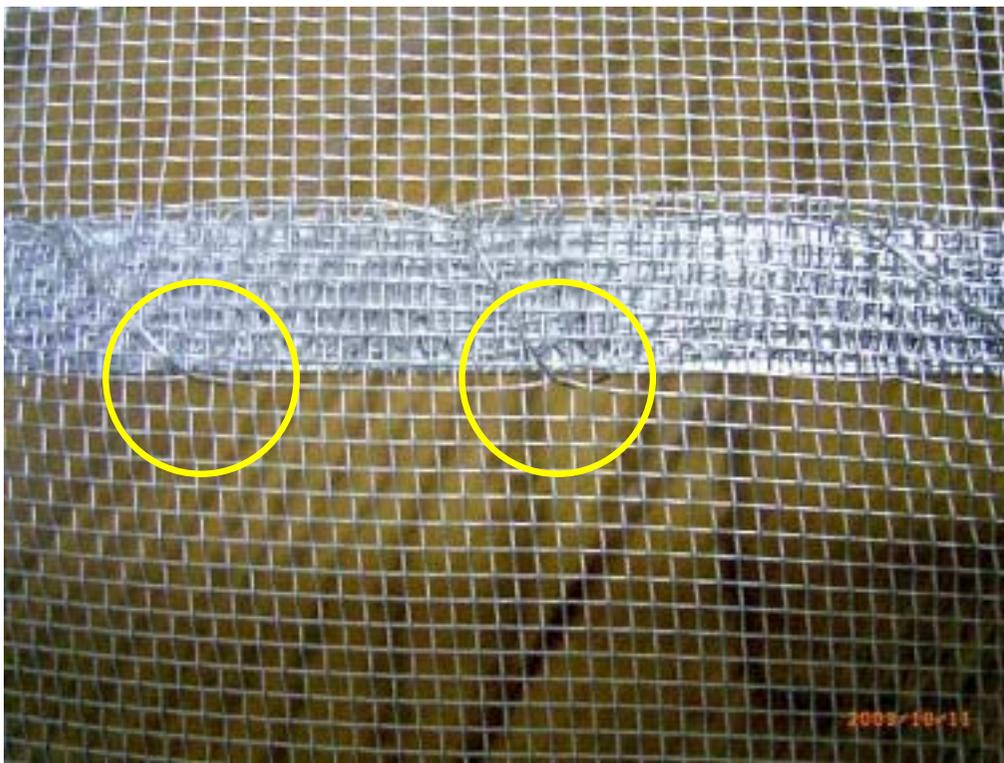


写真-9 : 網の“かがり”

(C) 2003, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

たわみが気になるかもしれませんが、3本で支えるので意外と丈夫です。単一材料で賄うというのも、この工作の一つのコンセプトです。

② フィード(写真-11)

パッチ・フィードに“ねじり金具”をつけて、サポートと連結します。写真では仮止めとしてダブルクリップを使用しています。サポートには、焦点調整時の目安として目盛りを書き込む予定です。

なお、パッチ・フィードのフェーズ・センターですが、パッチの表面



写真-10 : フィードサポート(下部)

(C) 2003, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

である(すなわち、パッチ表面をパラボラの焦点に合わせる)とのコメントを amsat-bb で I8CVS が行なっていました。焦点の調整についても実験予定です。

ねじり金具に感心した方がいらっしゃいましたが、工作は簡単です。片方を万力(バイス)に挟んで、もう片方をモンキーレンチで挟んで90度ねじるだけ。モンキーレンチを使うところがミソです。スコヤを使って、各方向で直角が出ていることを確認しながら修正します。

③ センターハブ(写真-12)



写真-11 : フィードサポート(上部)

(C) 2003, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

普通のパラボラでは、ここが文字通り“要”となります。しかし、ジオデシック・パラボラでは、“要”が分散しています。パラボラの支点を6本(物としては3本)のリブに分散させるために、パイ皿を使用しています。皿の絞り、縁の折返しが適度な強度を出しています。自作するよりも100円ショップの有り難さ、です。鉄にスズメッキなので、ラッカーなどでのコーティングが必要でしょう。また、材質が薄いので、マストクランプのボルトを差し渡すには、面としての強度が不足気味です。アルミ板で裏打ちし、さらにステンレスの板ナットで補強しています。ハブとリブの取り付けは、リブの弾性を損なわないように最小の2ミリねじで行ないました。ねじ自体の許容応力は問題にならない(一本当たり、ス



写真-12 : センターハブ

(C) 2003, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

ステンレスM2ねじで35kgf)でしょう。むしろ、ハブとしてのパイ皿の縁の強度が心配です。

リブを重ねてフレームを構成しているので、センターハブとリブとの間に隙間が生じます。リブの余った型材で10mm角のスペーサを作り、この隙間を埋めます。

④ マストクランプ(写真-13)

ステンレス製の既成のマストクランプを使用。パイ皿との関係で、Uボルトではなく“コの字”ボルトを使用しています。ゆるみ止めはダブルナット。



写真-13 : マストクランプ

(C) 2003, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ

⑤ ケーブル穴(写真-14)

フィードからのケーブルをパラボラ背面に廻すための穴です。アルミ板で両側から挟み、網のほつれを防止しています。アルミ板の接着にはゴム系接着剤を使用しました。エポキシ系はアルミとの馴染みが悪いうえに、紫外線で劣化するので屋外使用には適していません。



写真-14 : ケーブル穴

(C) 2003, Yoshiyuki Takeyasu / JA6XKQ