

自動電波方向探知機（ARDF）の製作

その1 AM方式用アンテナを作ろう



登米地域アマチュア無線クラブ
JA7IUX 三浦 明彦

JA1QPY・玉置OMが1991年に *HAM Journal NO. 71* (CQ出版社) に発表した自動電波方向探知機は、その後、その特性に注目したモービルフォックスハンティング愛好家により様々に創意工夫が加えられ実用に供されてきました。そして、その設備で当クラブのフォックスハンティングに参加している方々はいつも優秀な成績を収めています。

私たち登米クラブ員も、いつまでも黙って見ている訳にはいきません。相当に出遅れてしまった感は否めませんが、ここで一念発起して是非製作に取り掛かろうではありませんか。

製作は大きく分けて、ARDF装置本体、ARDF用アンテナ、ARDF用受信機の3ブロックになります。受信機については、市販のトランシーバー等に少し手を加えれば使えます（最近のトランシーバーでは改造は困難ですが・・・）。ARDF装置本体とアンテナについては市販品はもとよりキットも存在しません。従って自作するほかありません。

それでは、まずは第1段階としてアンテナの製作をすることにしましょう。

1 設計

今回製作するアンテナは、電氣的な方法で擬似的にビームを高速回転させるものです。実際のビームは4方向しか存在しませんが、その受信信号をARDF装置本体でうまく処理しますので問題ありません。

ARDF用アンテナに求められる電氣的特性は、FB比が-10dB程度、FS比が-4dB程度で、ビームパターンはディップを持たずになめらかなことです。その条件を満たしつつコンパクトで再現性の良いアンテナを目標に設計しました。設計にはMMANAというアンテナ特性計算ソフトウェアを利用しました。

アンテナの種類は導波器（ディレクタ）タイプの2エレ八木です。ビーム方向の切替は、4方向に配置した導波器の中央部にダイオードスイッチを挿入し、ダイオードスイッチがONになったエレメントのみが導波器として動作するという方法で実現しています。ダイオードスイッチがOFFになっている3つのエレメントは、ダイオード部分でエレメントが分断されるため、導波器として動作しません。また、輻射器（ラジエター）は、ケーブルの引き回しの都合などを考慮した結果、グランドプレーン型で4本の地線（ラジアル）を完全に反対（180度）方向に伸ばした形状としています。寸法は次項の図1～3に示したとおりです。

図1 アンテナ全体の形状

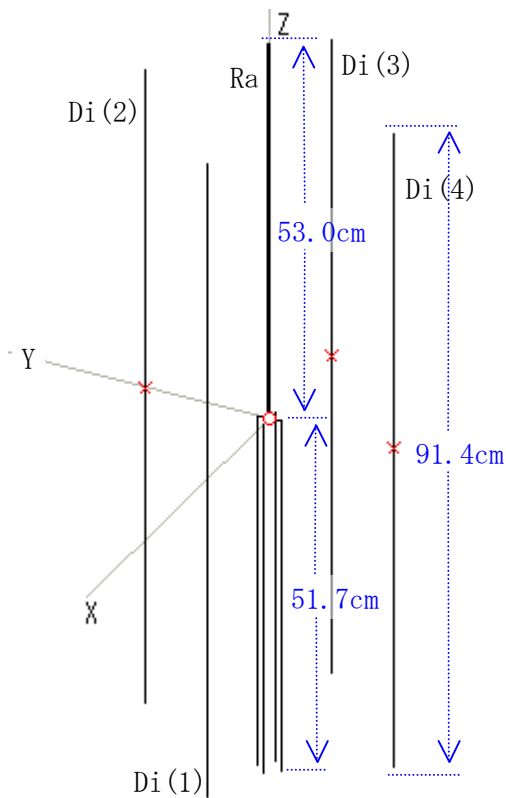


図2 輻射器中央(給電)部拡大図

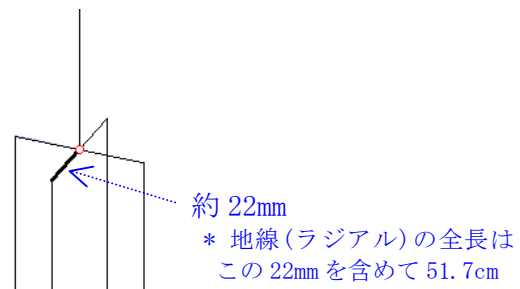


図3 真上から見たエレメント配置

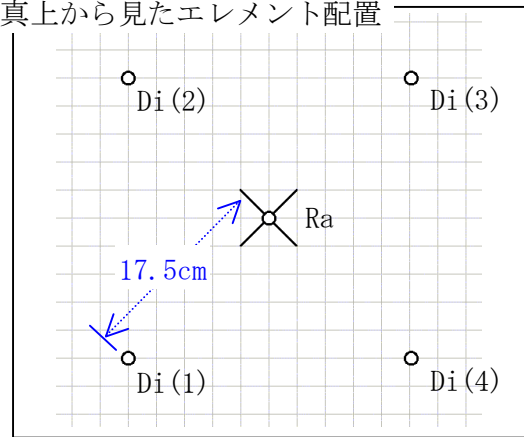
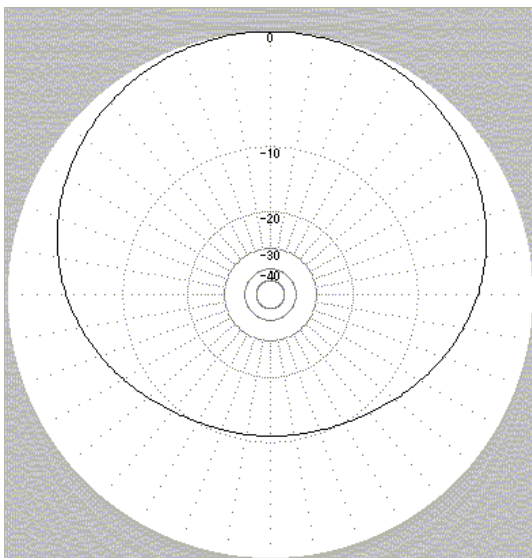


図4 ビームパターン



注1 導波器が長くなるとFB比は悪化します。逆に短くなるとFB比は向上しますが、パターンは楕円になります。それほどクリチカルではありませんが、 $\pm 2\sim 3\text{mm}$ の誤差範囲内で4箇所の導波器ができるだけ同一な長さになるよう注意して製作して下さい。

注2 輻射器と導波器の間隔は17~18cmの範囲に収めて下さい。それほどクリチカルではありませんが、17cm以下にはならないように注意して下さい。

注3 スイッチングダイオード 1S2076A の容量は1.8pF程度ですので、特性計算には近似値の2pFを用いています。(図1の×印の部分に2pFの集中定数を入れて計算しています。)

2 使用部材

作り易さや値段などを考慮した結果、アンテナ製作に使用する材料・部品等は次項の表1に示すものとなりました。だいぶ考えた上での結果ですが、まだ工夫の余地があるかもしれません。よいアイデアがあれば変更していただいてもかまいません。あくまでも一例ということでご理解下さい。なお価格も参考程度にご覧下さい。

表 1 使用部材一覧表

NO.	部材名・規格等	数量	単価	金額	備 考
1	露出用丸形ボックス<カブセ蓋>4方出 MIRAI 社 PVM14-4KJ または PVM14-4K * 電気配線用部材です。	1 個	180	180	
2	水道用硬質塩化ビニール管 VP-13	1 m	150	150	実際に使用するのは 50cm 程度
3	水道用硬質塩化ビニール管 VP-20	1 m	230	230	実際に使用するのは 50cm 程度
4	水道用硬質塩化ビニール管用継手チーズ T-13	4 個	40	160	
5	水道用硬質塩化ビニール管用継手 給水栓ソケット FS-20 (VP-20 用)	2 個	60	120	
6	水道用硬質塩化ビニール管用継手 バルブソケット VS-20 (VP-20 用)	2 個	40	80	
7	アルミパイプ 径 8 mm, 厚 1 mm, 長さ 1 m	5 本	300	1,500	アンテナエレメント用
8	銅パイプ 径 3 mm, 長さ 1 m	2 本	250	500	輻射器のラジアル用
9	銅線 1.0~1.6mm φ, 長さ 30cm 程度	1 本			ラジアルの配線材
10	ボルト(6mm φ × 50mm)・ナット・ワッシャー ステンレス製	1 組	60	60	輻射器用アルミパイプ取付用
11	電線接続用丸形端子 2.0mm φ 用	1 個	10	10	
12	ボルト(3mm φ × 15mm)・ナット・ワッシャー	8 組	5	40	導波器用アルミパイプ取付用
13	ボルト(3mm φ × 20mm)・ナット・ワッシャー	8 組	5	40	導波器用アルミパイプ取付用
14	同軸ケーブル 5D2V	5 m	100	500	
15	同軸コネクタ MP-5	1 個	200	200	
16	L ANケーブル (ツイストペア4組入ケーブル)	5 m	500	500	導波器切替コントロール用
17	コネクタ Din8pオス	1 個	170	170	導波器切替コントロール用
18	ダイオード 1S2076A * スイッチング用で接合容量が小さいもの	4 個	10	40	導波器切替回路用
19	抵抗 1/6~1/4W, 1KΩ	8 個	10	80	導波器切替回路用
20	セラミックコンデンサ 50V, 0.01μF	4 個	10	40	導波器切替回路用
21	ガラスエポキシ両面基板 (8×45mm 4枚, 直径24mm φ 1枚)	少々			長方形: 導波器切替回路用 円形: 給電部用
22	結束バンド 長さ20cm以上のもの	2 本			輻射器のラジアル固定用
23	水道用硬質塩化ビニール管用接着剤	少々			
24	コーキング材	少々			防水処理用
	合 計		約	5,000	

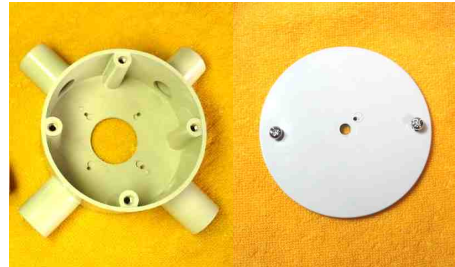
3 部材の加工

(1) 露出用丸形ボックス<カブセ蓋>4 方出

この部品は、今回製作するアンテナの中央部に位置し、構造の要となるものです。

下部中央の丸く溝が切られている部分を切り抜きます。また、中心から脇の穴のある（パイプ状の突き出しがある）方向に向かって約 22mm の位置に、直径 1.0~2.0mm（ラジアルの配線材が通る太さ）の穴を開けます。穴は全部で 4 つです。また上蓋の方には、中心から約 7mm の位置に直径 1.4mm の穴を一箇所開け、さらに中心に直径 6mm の穴を開けます。

写真 1



(2) バルブソケット VS-20

2個のうち1個は写真 2-1 のように、ネジの切られていない側を、その約半分の位置で切断します。そしてネジの切られている側は、写真 2-2 のように 4 方向に幅 1.0~2.0mm（ラジアルの配線材が入る太さ）の溝を切っておきます。もう一方の片割れはそのまま利用しますので捨てないで下さい。

残りのソケット 1 個はそのまま使用しますので加工しません。

写真 2-1



写真 2-2



(3) 水道用硬質塩化ビニール管

VP-13（細い方）は切断し、長さ 12.1cm のものを 4 本作ります。

長さに関する注意点ですが、この管は、一方を露出用丸形ボックス 4 方出に差し込み、もう一方は継手チーズ T-13 に差し込んで、アンテナ中心（輻射器）から導波器までの距離を作り出します。その出来上がりの寸法は、輻射器エレメント中心から導波器エレメント中心までの距離が 17.5cm とならなければなりません。（図 3 参照）しかし、継手チーズなど実際に使用する部材で寸法が若干前後する場合があります。従って、自分の準備した部材を確認した上で、切り出す長さを加減する必要があるかもしれません。

VP-20 の方は、アンテナを車体に取り付ける際の支持部分になると共に、管の外側にはラジアルが取り付けられます。また、管内は同軸ケーブルと導波器切替用のコントロールケーブル（LAN ケーブル）が通ります。それらのことを考慮して各自長さを決めて下さい。ただし、長さは最低でも 50cm 程度は必要です。また、アンテナの設計時には、給電点の高さをグラウンド（車の屋根）から 65cm としていることなどから、むやみに長くしないようにして下さい。それぞれ、ハンティング用車両への取り付け方を考慮の上、長さを決定すればよろしいかと思います。

(4) 継手チーズ T-13

この継手は、導波器エレメントの固定と導波器切替回路の組み付けに使用します。



継手の長い方を写真 3-2 のように縦に半分に切断します。この切断はアンテナの寸法精度に関係ありませんので大体でかまいません。また、この継手は中央部に行く程厚みが増し内径が小さくなっていますので、そのままではアンテナエレメント（以下エレメントと記述）の取り付けに不都合です。そのため、切断後、T字型になっている方は、端部の厚さに合わせ切断したところの管内側部分を丸棒やすりで削り、エレメントがまっすぐに取り付けられるよう加工します。削る部分はエレメント（8φアルミパイプ）が接触する部分だけでよいです。切断したもう一方の方はそのまま使用しますので処分しないでとっておいて下さい。T字型の部分はさらに写真 3-3 のようにエレメント固定用のネジ穴を4個開けます。穴の径は3.2mm、位置は端から概ね4.5mmと20.5mmのところです。メーカー等によって部材の長さが多少異なるようですので、穴の位置は適宜調整して下さい。左右（写真 3-3 において）それぞれネジ2箇所でもエレメントがしっかり固定できればそれでよいです。

(5) アルミパイプ

輻射器用に50.0cmが1本、導波器用に45.2cmが8本必要です。指定の長さに切断して下さい。そして、導波器用のパイプには上記(4)に記した継手チーズ T-13 に取り付けるためのネジ穴（直径 3.2mm）を開けます。穴の位置は、加工済みの継手チーズ現物に合わせてよいでしょう。なお、導波器エレメントの上部と下部は、継手チーズ中央部で1.0cm 空くように取り付けますので注意して下さい。（写真 4 参照）

なお、輻射器として不足する長さ 3.0cm は、組み立て時に別の配線等で補われます。また、導波器の中央部分 1.0cm はダイオードによる切替回路（長方形のプリント基板）で接続させます。

写真 4



(6) 銅パイプ

切断し、長さ 46.0cm のものを4本作って下さい。これは輻射器のラジアル部分となります。ラジアルとして不足する長さ 5.7cm は、組み立て時に別の配線で補われますので、銅パイプは 46.0cm で問題ありません。

(7) ガラスエポキシ両面基板

まずは導波器の切替回路用に写真 5 並びに図 5 のような基板（長方形の方）を4枚作ります。大きさは約 8×45mm です。取付用に直径 3.2mm のネジ穴を2つ開けますが、位置は前記(4)の継手チーズ T-13 の中心側に開けた穴の間隔に合わせて下さい。だいた

い 32mm 程度の間隔になると思います。

もう一つ、直径 24mm の円形の基板を作ります。中心部の穴の大きさは、外皮を剥いた 5 D 2 V が通るぐらい（約 6 mm）です。4 個の小さい穴は、導波器切替コントロール用の線を通すためのもので、直径 3.2mm です。位置は適当でかまいません。また、銅箔は片面だけあればよいです。

写真 5

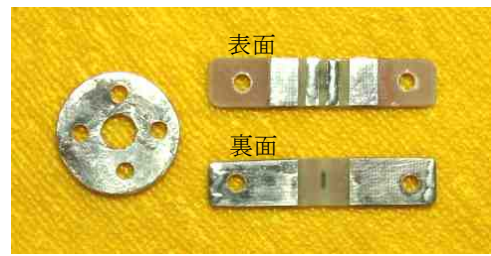
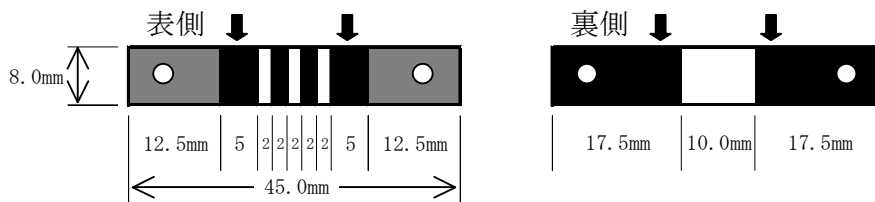


図 5 ガラスエポキシ両面基板の加工寸法



注：↓印部分は両サイドで表裏を接続すること。なお、表側の斜線部分は銅箔を残してもよい。

4 組み立て

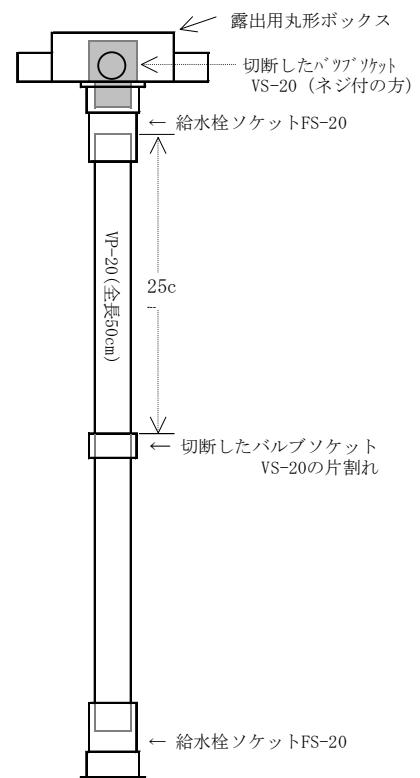
- (1) 切断したバルブソケット VS-20 の片割れ（ネジの切られていない単なるリング状のものの方）に、塩ビ管 VP-20 を通します。そして概ね図 6 に示す位置関係になるようにしておきます。（ここで 25cm の基点となった端の方が、次の工程で露出用丸形ボックスに固定される側になります。）さらに、塩ビ管 VP-20 の両端に給水栓ソケット FS-20 を取り付け接着します。
- (2) 露出用丸形ボックス底面の穴の下側から、塩ビ管 VP-20（給水栓ソケット FS-20 取り付け済み）を当て、内側から 4 方向に溝を付けたバルブソケット VS-20 で締め付け固定します。溝の方向は露出用丸形ボックスの 4 方向の出入口に向くようにして下さい。また使用中に緩まないように接着剤を用いるなどし確実に固定するよう留意して下さい。（写真 6 参照）

写真 6



* 写真は、塩ビ管 VP-20 を使わずに、FS-20 と VS-20 のみを取り付けた状態で撮影しています。

図 6



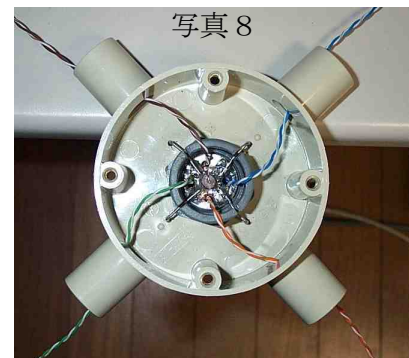
- (3) LANケーブルの一端の外皮を 25cm 程度剥きます。
- (4) 同軸ケーブル 5D2V の一端の外皮を約 5cm 剥きます。
- (5) LANケーブルと同軸ケーブルを沿わせ、塩ビ管 VP-20 の長さ程度の範囲をばらけないようにビニールテープや結束バンド等で適宜固定します。ケーブルを沿わせる際の位置関係は、外皮を剥いた位置が、5D2V より LANケーブルの方が 5~10mm 後退した状態にして下さい。さらに、ケーブルを塩ビ管 VP-20 に入れたときに中でぶつからないように、ケーブルの所々 (3~4箇所程度) を塩ビ管の内径程度まで太くするよう何らかのスペーサーを装着するとよいでしょう。



- (6) 塩ビ管 VP-20 に (5) のケーブルを挿入し、露出用丸形ボックスの内側中央部から引き出します。
- (7) 引き出したケーブルの内、まず同軸ケーブルの方を、3の(7)で加工した直径 24mm の基板の中心の穴に通します。編線部分もきちんと通して下さい。なお、基板の銅箔面は、線が出てくる側です。基板がきっちり装着できたら、出ている同軸ケーブルの編線部分を約 8mm だけ残して切り落とします。切り落とすのはあくまで編線部分のみです。そして残した 8mm の編線部分をほぐして 4 方向に振り分け、基板に半田付けします。その際、基板の穴 (4 個) を塞がないようにして下さい。

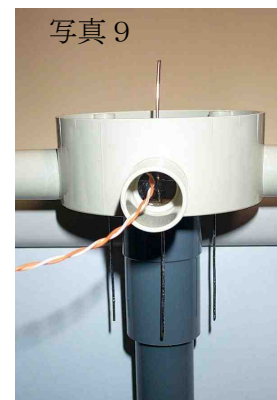
同軸の芯線側は、絶縁体を 5mm 程度残してあとは剥いておきます。

- (8) 直径 24mm の基板に、さらに輻射器のラジアルへ接続する銅線 (この銅線自体もラジアルの一部になる) を 4 本半田付けします。銅線の長さはおおよそ 7.0cm で、取り付け位置は、基板に開けた 3.2mm φ の穴の間・上記 (7) で同軸の編線を半田付けした所です。バルブソケット VS-20 に付けてある溝の位置に合わせてそれぞれ取り付けて下さい。



- (9) 前記 (6) で引き出した LANケーブルの線・4 対を、基板の 3.2mm φ の穴 4 個にそれぞれ通します。この時、対になっている線の撚りはきちんと保つようにして下さい。また、4 対の線は交差しないように穴に通して下さい。通した線は、露出用丸形ボックスの 4 方向の出入口からそれぞれ一対ずつ引き出しておきます。その時、特に注意すべき点ですが、この線は (8) 及び (10) で説明しているラジアル用銅線と干渉しないよう引き回すことです。具体的には、できるだけ距離を隔てるようにするという事です。

- (10) 前記 (8) で半田付けした銅線を 4 本とも、基板の外周端から

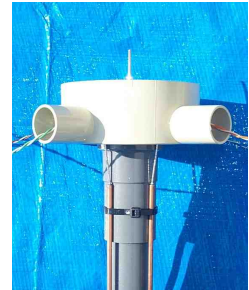


1.0cm のところで下方に直角に折り曲げ、露出用丸形ボックスの底部に開けた穴に通します。その際、銅線は、バルブソケット VS-20 に切つてある溝にはめ込んで下さい。塩ビ管 VP-20 の反対側（下部）から出ているケーブルを静かに引きながらやるとスムーズに作業できると思います。これで銅線が露出用丸形ボックスから引き出されると共に、基板はバルブソケットの中にすっぽり入り落ち着きます。

(11) 上記 (10) までの作業が問題なく終了したら、露出用丸形ボックス内の基板や配線を、コーキング材や接着剤等を用いて固定します。

(12) 露出用丸形ボックス底部から出した銅線の先に、ラジアル用の銅パイプ（3mmφ、46.0cm）を装着します。銅パイプの中に銅線を入れ、銅パイプの端が露出用丸形ボックス底部から 24mm の距離になる位置で半田付けすれば、ラジアルの全長はちょうど 51.7cm となるはずですが。部材の寸法や加工精度等の関係で相違が生じる場合は、各寸法を適宜修正して下さい。とにかくラジアルの全長が 51.7cm になるようにすればよいです。

写真 10



(13) ラジアルの銅パイプを VP-20 の外周に固定します。4本が等間隔になるように注意しながら、結束バンドで上下 2箇所を縛ります。縛る場所は、上部は露出用丸形ボックス直下の給水栓ソケット FS-20 の部分、下部は VP-20 の中間に取り付けたバルブソケット VS-20 を切断して作ったリングの部分です。

銅パイプが滑ってうまく固定されないようであれば、固定部分に溝を付けるなどの工夫をして下さい。

写真 11



(14) 露出用丸形ボックスの上蓋に、6mmφ×50mm のステンレス製ボルトを取り付けます。取り付け方向は蓋の下側から上方に向かってです。部品の順番は下から順に、ボルト、スプリングワッシャー、ワッシャー、露出用丸形ボックス上蓋、ワッシャー、電線接続用丸形端子、ナットです。電線接続用丸形端子を入れることを忘れないようにして下さい。なお、この電線接続用丸形端子の電線接続部分は、上側に直角に曲げた上、露出用丸形ボックス上蓋に開けた 1.4mmφ の穴の真上に来るように固定して下さい。

写真 12-1



写真 12-2



(15) 露出用丸形ボックス上蓋から突き出た 6mmφ のステンレス製ボルトに、輻射器エレメント（8mmφ、50.0cm のアルミパイプ）を差し込み、上下 2箇所を圧着ペンチ等のかじめて固定します。かじめた後、アルミパイプを時計回りに回すときっちり固定できます。それでも不十分と判断される場合には、接着剤を併用するなどし、実際に使用している最中にエレメントが脱落することがないように充分配慮して下さい。また、アルミパイプとステンレスボルトは電氣的にも確実に接続されていなければなりませんので、その点にも留意して下さい。

(16) 上記 (14) (15) で組み立てた部材を露出用丸形ボックス本体に取り付けます。上蓋を開

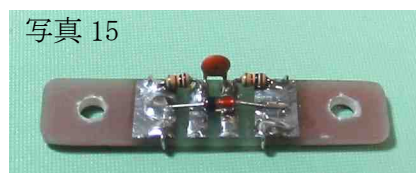
けてある 1.4mm の穴と、その上に位置する電線接続用丸形端子の電線接続部分に、同軸の芯線を通しつつ蓋を閉めネジ止めます。そして同軸の芯線を電線接続用丸形端子に半田付けします。ここまでの作業で輻射器部分は完成です。



- (17) 長さ 12.1cm の塩ビ管 VP-13 を、加工済み継手チーズ T-13 に取り付け接着します。同じ物が 4 組です。当然ながら、接着部分には予め接着剤を塗布します。



- (18) 長方形の基板（約 8×45mm）の表側にスイッチングダイオード・1S2076A と 1KΩ の抵抗及び 0.01μF のセラミックコンデンサを半田付けします。同じ物が 4 枚です。取り付け方は写真 15 を参照して下さい。（ダイオードは両側の幅広のパターンに接続です。）この回路はアンテナの一部となりますので配線は最短になるように注意して下さい。また 4 枚とも同様の部品配置で製作して下さい。



* 両側の幅広のパターンは裏側へ接続のこと

- (19) 導波器部分を組み立てます。上記 (17) で組み立てた部材の継手チーズ部分に、アルミパイプ（8mmφ、45.2cm）と (18) で作った基板を取り付けます。取り付け部品の順番は、継手チーズの先端側が、3mmφ・長さ 15mm ボルト、スプリングワッシャー、ワッシャー、アルミパイプ、継手チーズ、ナットです。同じく継手チーズの中央部側が、3mmφ・長さ 20mm ボルト、スプリングワッシャー、ワッシャー、基板（表側が部品面）、アルミパイプ、継手チーズ、ナットとなります。3の(5)の説明と写真4、及び写真16を参照して下さい。



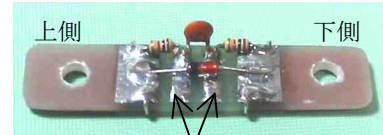
なお、ネジの締め付けは、最初少し緩めにしておき、継手チーズ両側のエレメントが一直線になるよう取り付け位置を調整した後に強く締め付けて下さい。また、基板には無理な力がかからないよう注意して下さい。

- (20) 上記 (19) で組み立てた導波器部分を露出用丸形ボックスの 4 つの出入り口に取り付けます。最初に、予め露出用丸形ボックスの出入り口から引き出している LAN ケーブルの撚り線を導波器部分の塩ビ管 VP-13 の中に入れ、継手チーズの方から出します。次に、基板に付いているダイオードのカソード側（黒い線がある方）が上になるようにし、VP-13 の先端に接着剤を塗布して露出用丸形ボックスの出入り口に差し込みます。この時、導波器のエレメントと輻射器のエレメントが平行になるよう位置（角度）を調整して下さい。そして直ちに入るところまできっちり挿入して下さい。もたもたしていると接着剤が効いてきて動かせなくなりますので迅速にやるのが肝心です。4 つの導波器部分を同様に作業して下さい。（取り付け後の形状は 1 ページの写真を参照下さい。）

- (21) 導波器中央の基板に LAN ケーブルの撚り線を半田付けします。単色の線を下側に、縞模様になっている方の線を上側に付けて下さい。また、線は必要以上に長くしないよ

うにしてください。4箇所全て同様に接続します。そして、どのような方法でもかまいませんので、どの色の線をどの場所へ接続したか分かるようにしておいて下さい。これを怠ると、後でARDF装置本体に接続する時に面倒なことになりますので忘れずに必ずやって下さい。

写真 17



* LANケーブルの撚り線を付ける場所

(22) 3の(4)で加工した継手チーズT-13の片割れを、導波器中央部の継手チーズ部分に添え、上下をビニールテープ等で固定します。(取り付け後の状態は1ページの写真を参照下さい。) なお、これは、動作テストが完了したら完全に接着してもよいでしょう。また防水処理も施すのが賢明と思います。各自工夫して処理して下さい。

以上でAM方式ARDF用アンテナの完成です。

最後に、このアンテナの実装に関する重要な注意点です。

このアンテナをモバイルに実装する際は、屋根の中央部に取り付けることを推奨します。その付け方が、ビームパターンの乱れが最も少なく、方向表示の誤差が出にくいと推察されます。いずれにしても、実践で使用する前には十分なテストをして、表示の癖を把握し適正な修正・補正を行うことが重要です。

また、同軸ケーブルとコントロールケーブル(LANケーブル)の先端(ARDF装置本体側に接続される方)には、それぞれMP-5コネクタとDinプラグを取り付けますが、これはアンテナのモバイルへの取り付け方が確定してからやって下さい。手順が逆になると、せっかく取り付けしたコネクタを外す羽目になりかねません。

くどいようですがもう一つ注意点を挙げます。

アンテナの取り付け強度については未知数です。走行中に破損・脱落が起こらないよう十分な配慮をして下さい。例えばステーをとるとかといった補強策を講じるということです。とにかく、使用者自身の責任において確実な取り付けをしていただきますようお願いします。

次の機会にはARDF装置本体の製作について取り上げます。