

144MHz 用 ARDF 受信機の工作 (試作 3 号機)

※記憶を頼りに書いてみました(笑)



2015 年 7 月 11 日

JR5HJJ

ホームページ <http://wwwb.pikara.ne.jp/potter-2005/>

電子メール jr5hjj@jarl.com

■事の始まり

「144MHz 用 ARDF 受信機の試作(試作1号機)」参照。

<http://wwwb.pikara.ne.jp/potter-2005/kousaku/ardfprototype1.pdf>

2号機は1号試作で感じた部分・思った部分を見直して試作。回路は基本的に1号機と同じ。2012年11月4日、第20回北四国 ARDF 競技大会で試作の2号受信機を使って選手として参加した。

詳細は「144MHz 用 ARDF 受信機の試作(試作2号機)」参照。

<http://wwwb.pikara.ne.jp/potter-2005/kousaku/ardfprototype2.pdf>

2号機試作後、小型軽量化、コストダウン、高性能化(笑)を考えていた。理由は・・・自己啓発もあるし、友人知人に ARDF の楽しみを知ってもらうためには、安く作れて貸し出して、ぶっ壊されても惜しくない(笑)受信機が何台か必要だ、輸入機に頼っていたら、いずれ行き詰まる、と思ったから。

そして2013年5月ころ3号機の製作に着手したのであるが・・・この年は公私とも恐ろしく忙しくて・・・ケースにけがきしたあと製作はストップ。

2014年1月製作を再開。さて・・・3号機はどうなるやら。(笑)

詳細は「144MHz 用 ARDF 受信機の試作(試作3号機)」参照。

<http://wwwb.pikara.ne.jp/potter-2005/kousaku/ardfprototype3.pdf>

この文書は3号機の試作で工作の部分について書いてみた。

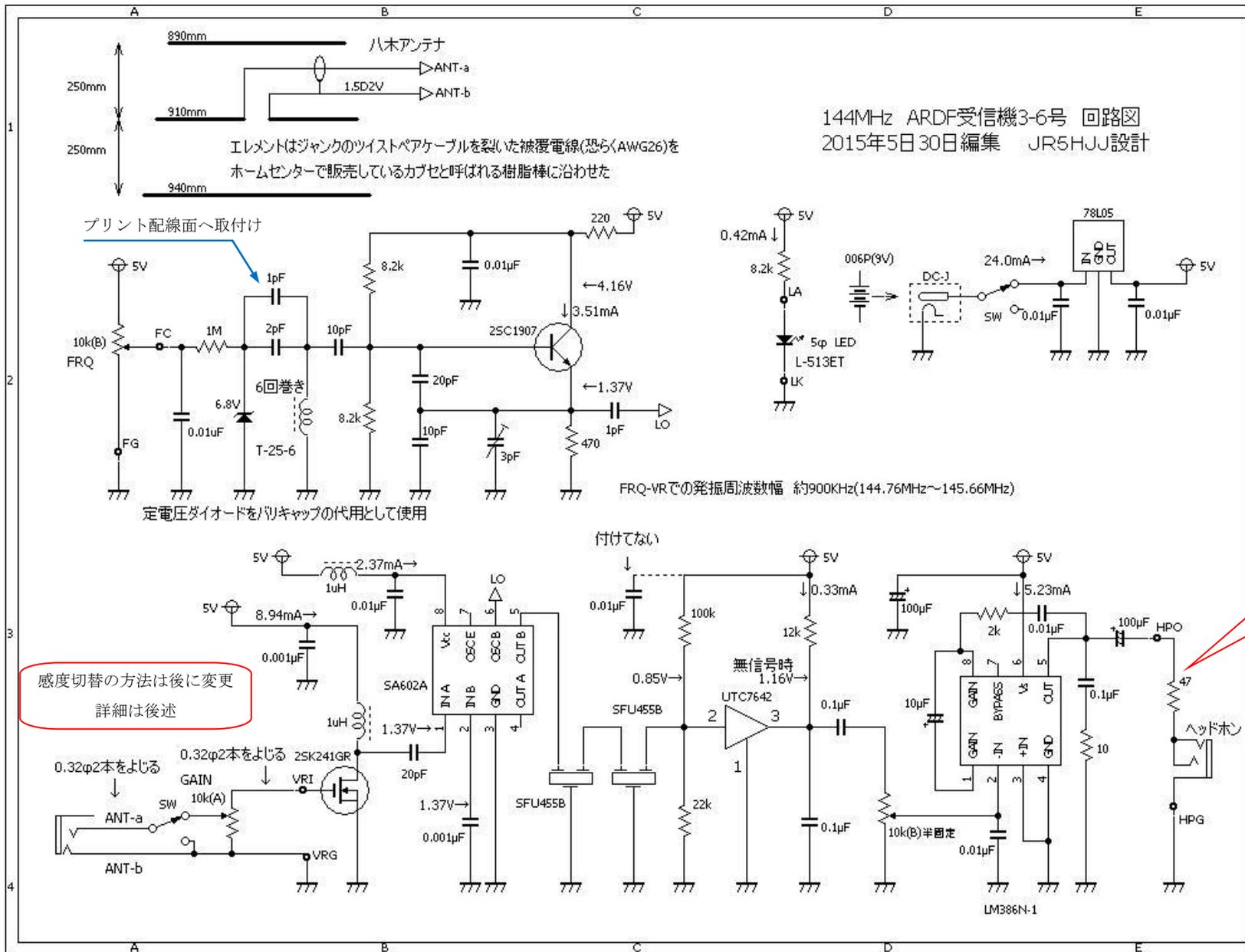
理由は、3号機の製作記のページ数が50ページを越えていて、失敗覚悟で(苦笑)とにかく参考にして作ってみたいという人には、製作記より工作に特化したこちらの資料が良いのでは?と思ったから。

それと、3号機は量産も考えていたので、組み立ての再現性と競技での実用性がある程度クリアできれば、こういう工作に特化した資料が必要になるだろうし、具体的に3号機の概要を知りたい人にもわかりやすいのではないかと考えた。

■注意

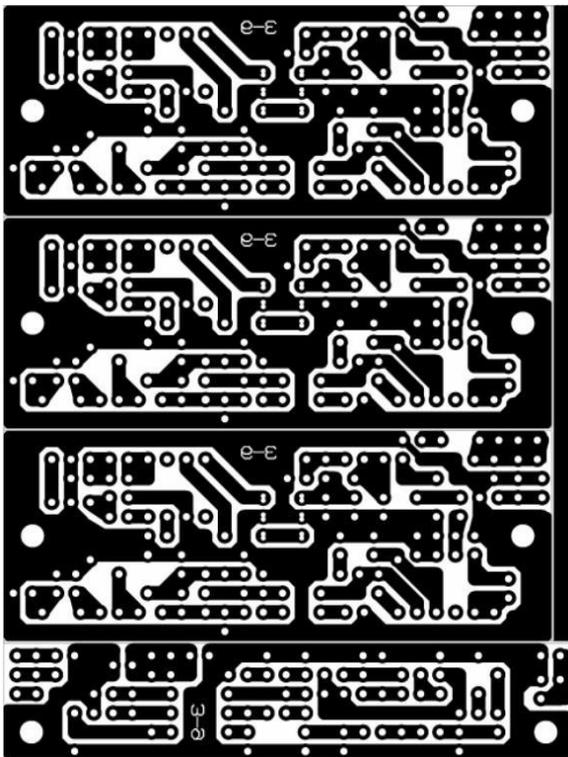
この文書や当方サイトの情報および情報を元に製作した機器によっていかなる損害を被られた場合であっても、当方は一切の責任を負いません。

■回路図



■プリント基板の製作

サンハヤトのガラスコンポジット NZ-E40K(70mm×100mm)を使用した例



左のプリント基板のパターンは平成 27 年 1 月のもの。

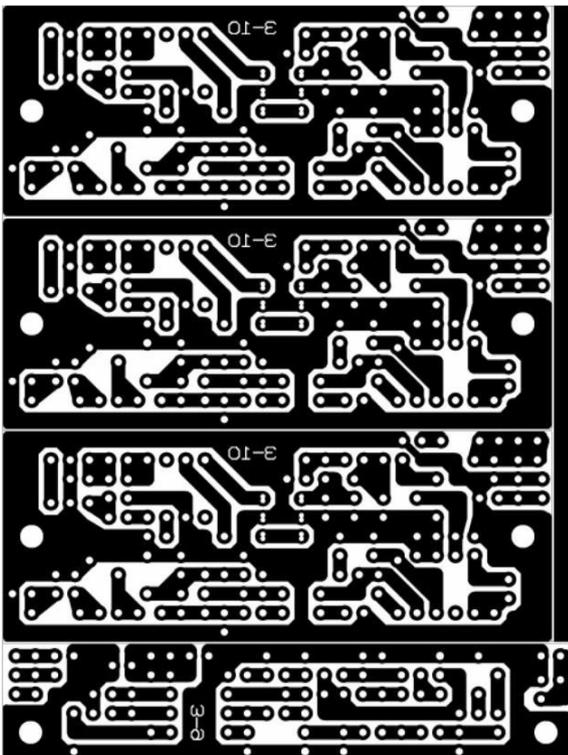
上 3 つは試作受信機の部分。

見た目にはわかりにくい
トリマコンデンサのリード線を通す穴は
他の部品のリード線を通す穴より大きい。
セラミックフィルタの足は平たい板状。
トリマコンデンサとセラミックフィルタは
部品をハンダ付けする前に部品の足が入るか
確認した方がよい。

プリント基板の GND とケースが電氣的に
つながっている方がよいと思う。
フラックスを使わないか
使う場合は基板固定用のネジ穴付近にフラックスを
塗布しない方がよいと思う。
ちなみに基板は金属スペーサを使ってケースに固定
した。

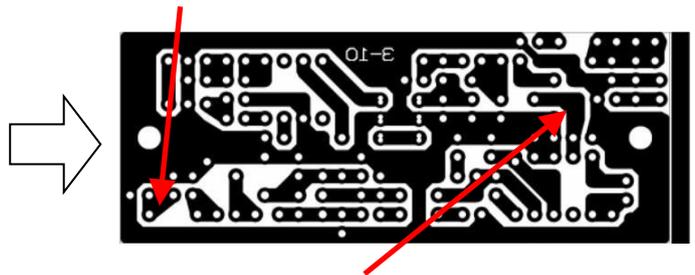
この部分は ARDF 用 ID ジェネレータのプリント基板
ID ジェネレータの製作については別途書いたモノが
あるので、そちらを参照のこと。

<http://www.pikara.ne.jp/potter-2005/kousaku/ardfidgl.pdf>



左のプリント基板のパターンは平成 27 年 5 月のもの。
平成 27 年 6 月 24 日現在、左のパターンで、まだ作っていない。

上のパターンとほとんど変わらないが
VCO に電圧を加える抵抗器 1MΩ のリード穴の間隔が長く
部品が付けやすいはず。

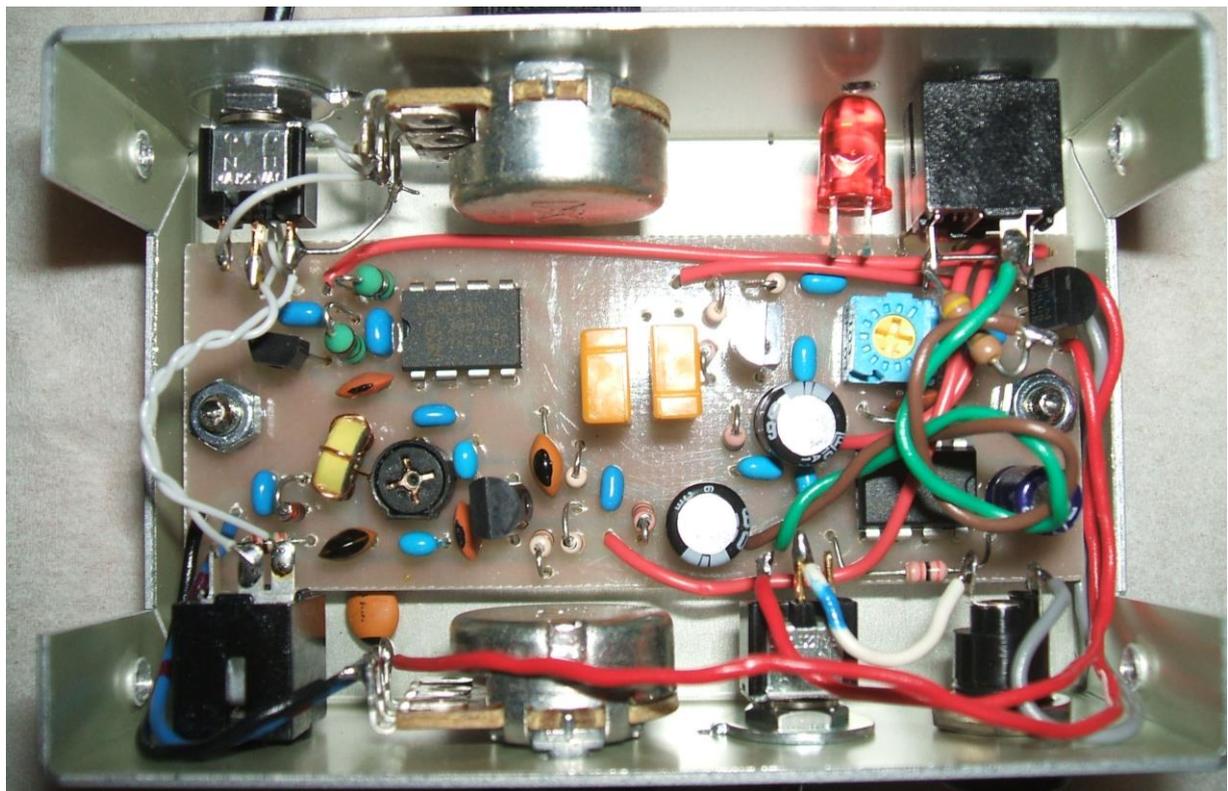
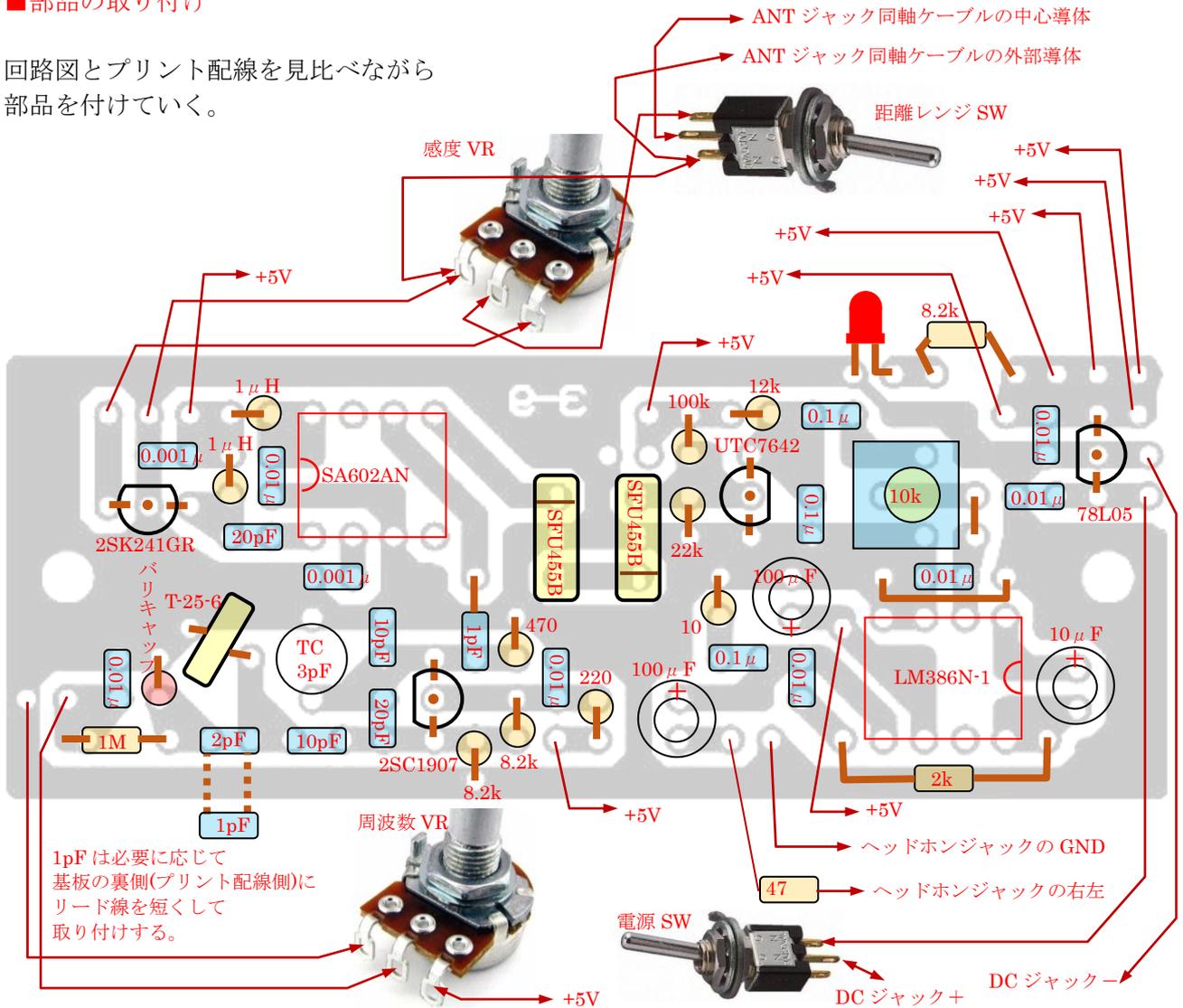


また、半固定抵抗器から LM386 へ向かうジャンパはプリント配線ですなため不要となった。

注) トリマコンデンサとセラミックフィルタの穴は
サイズが大きかったり丸穴でなかったりするので
穴あけ時に部品の足が入るか確認した方が無難です

■ 部品の取り付け

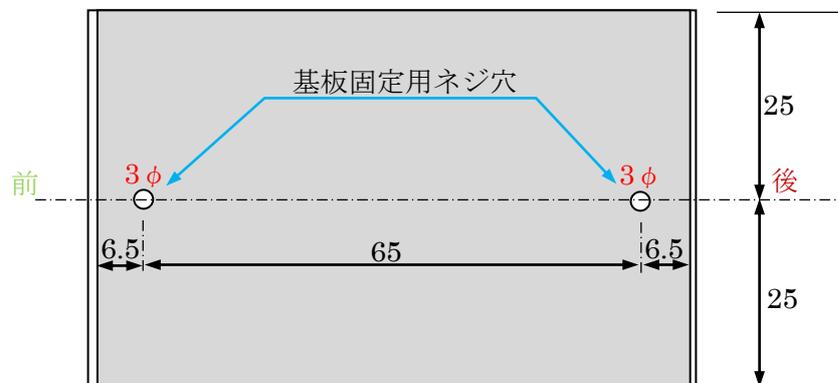
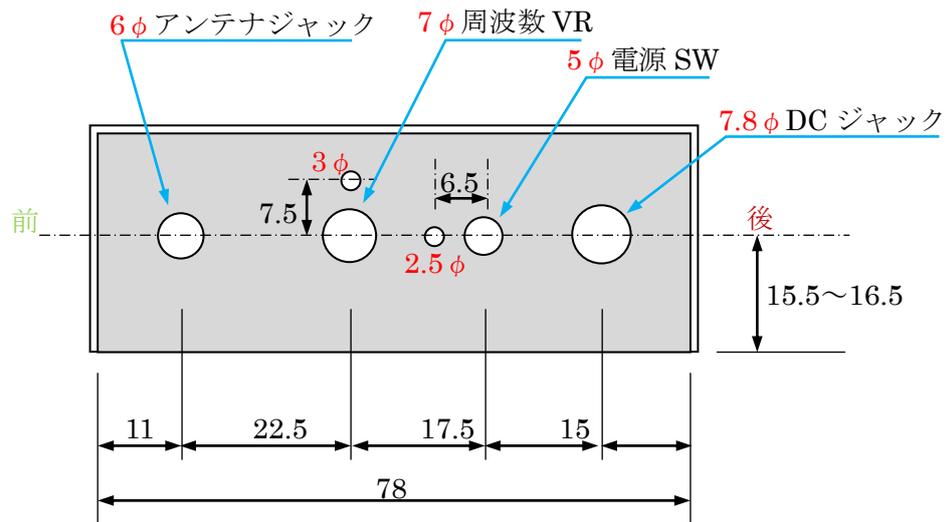
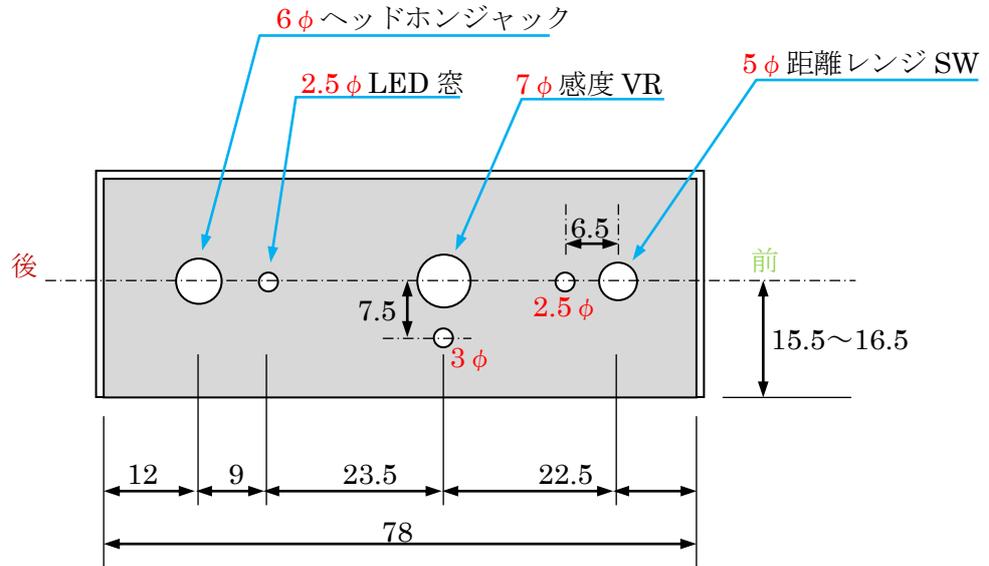
回路図とプリント配線を見比べながら
部品を付けていく。



■ ケースの加工

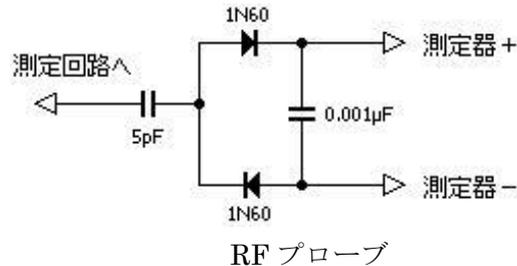
タカチのアルミケース MY-80 の例

位置、サイズは参考。実際に使用する部品に合わせて加工要。



■受信機の調整

- ① 電源 SW を OFF にして DC ジャックのプラスとマイナスの端子間でショートしていないことを確認する。
- ② DC ジャックに 006P 積層乾電池を接続して電源 SW を ON にしたとき LED が点灯することを確認する。
- ③ レギュレータ IC 78L05 の入出力の電圧をチェックする。
- ④ SA602 の 8 番ピンに 5V がかかっているならば、高周波増幅と周波数変換回路は動作している。ハズ。
- ⑤ 2SC1907 のコレクタに 4V 程度の電圧がかかっているならば局部発振回路は動作している。ハズ
- ⑥ 周波数調整つまみを左いっぱいにした時 VCO の 1MΩ の抵抗器の 2SC1907 側の電圧が 0、周波数調整つまみを右いっぱいにした時 VCO の 1MΩ の抵抗器の 2SC1907 側の電圧が 5V 程度であれば VCO への周波数調整は効く。ハズ。
- ⑦ SA-602 の 5 番ピンに RF プローブを当てたとき、電圧が出ていれば局部発振回路の出力は周波数変換回路へ届いている。ハズ。



- ⑧ LM386 の 6 番ピンに約 5V がかかっているならば、低周波増幅回路は動作している。ハズ。
- ⑨ ヘッドホンジャックにヘッドホンを挿し、半固定抵抗器を回すと右に回すほどノイズが大きくなれば音量調整はできる。ハズ。右に回して行くと LM386 が発振するので半固定抵抗器は聴き続けるのに無理のない程度のノイズの大きさのところまで戻す。
- ⑩ UTC7642 の 2 番ピンにさわるとラジオが聞こえることがある。←正常聞こえれば中間周波増幅と検波を行う UTC7642 は動作しているはず。←AM 放送の強電界地域でないとなぶん聞こえない。
- ⑪ 局部発振周波数の調整周波数調整つまみを中央にして、144MHz のトランシーバ等で周波数スキャンしながら受信し、局部発振回路からもれている微かな電波をつかまえて局部発振回路の発振周波数を確認する。

不要周波数成分も出ていると思うので、S メータが大きく振れる一番強い電波の周波数を探る。

発振周波数がアマチュアバンド外のこともある。確認後、トリマコンデンサで局部発振回路の周波数を調整するが、中間周波数はセラミックフィルタの周波数となるので、受信したい周波数に中間周波数を足した周波数または中間周波数を引いた周波数に設定する。

ちなみに僕は受信したい周波数から中間周波数を引いた周波数で発振させている。トリマコンデンサで調整しきれない場合は、発振コイルにつながっている 1pF のコンデンサをはずしたり 1pF のコンデンサを 2pF のコンデンサに交換したりしてみる。

受信したい周波数(145.70MHz)－中間周波数(462KHz)＝局部発振周波数(145.238)

実際の調整は 145.238MHz にするのでなく、トランシーバで周波数スキャンし受信しながら 145.24MHz あたりにスケルチが開くようトリマコンデンサで局部発振周波数を合わせれば、周波数調整つまみが中央になっている時の受信周波数は 145.70MHz になる。

局部発振周波数はケースを閉じると少し下がる。念のためケースを仮に閉じて、再度発振周波数の確認を行う。

■ブーム(グリッパ?)製作例

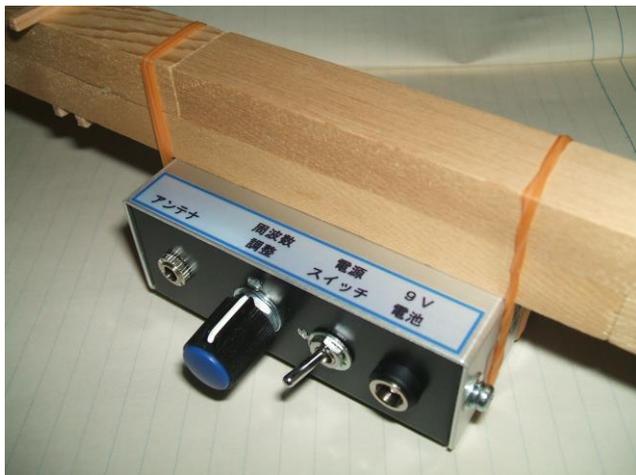
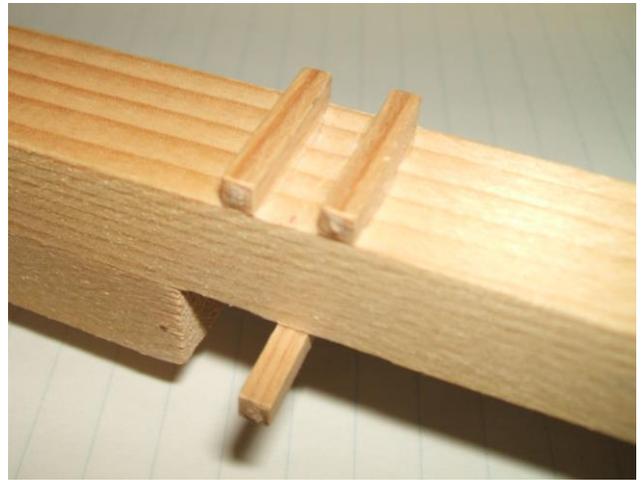
メーカー機は金属製のケース兼ブームに受信機の回路や電池を収納しアンテナもケース兼ブームに取り付ける構造になっているが、試作機では工作を簡単にするため受信機の回路は小型のアルミケースに収納して、アルミケースを輪ゴムでブームに固定してある。

ブーム自体の造りも簡単に安く作るため、ホームセンターの材木コーナーで販売されている端材を使った。たぶん、夏休みの工作やちょっとした工作・補修用だと思う。一袋 500 円未満だったように思う。(一袋あれば何個もブームが作れる(笑))

持ちやすそうで、表面のきれいな手を痛め無さそうなものを選ぶと良いと思う。

それをレンガを積むように並べて接着し、輪ゴムで固定し乾かす。以前は接着剤に木工用ボンドを使っていたが、最近は衝撃にも強く濡れても溶けないセメダインスーパーXクリヤ等を使っている。

試作受信機では受信機も電池もアンテナもブームに輪ゴムで固定した。アンテナを固定する部分は輪ゴムを掛けるための部材が必要になるが、3mm 角の棒を適当な長さに切って使った。



■アンテナの製作例

メーカー製の受信機ではしっかりした金属の棒や、手荒に扱っても破損しにくいであろうコンベックスの目盛の部分が使われているが、同様のものを自作するのは無理ではないがやや手間がかかる。

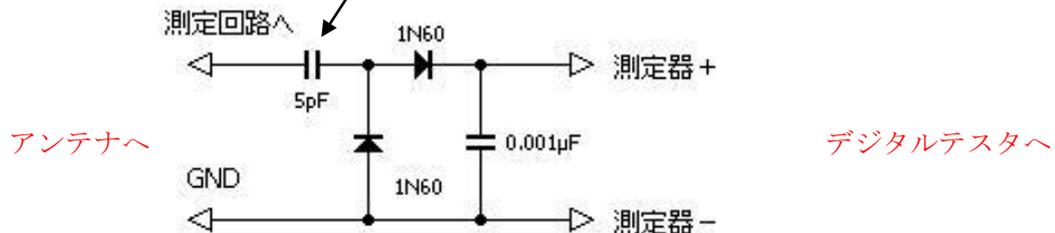
簡単に作るにはエレメントは、どこにでもある電線と電線を支える棒状のものがあれば作れるのでやってみたが、使う材料や作り方で、シミュレーションどおりには行かないし、エレメントの長さを調整する必要があると思った。

八木アンテナで作った一例として、手順は

- ① 受信機を使う時にエレメントの位置(間隔)をどうするか決める。僕は個人の好みで 3 素子八木アンテナでエレメントの間隔は 250mm とした。(当然、間隔は指向性や感度に影響があるので、これがベストではない)
- ② 長めのエレメントでダイポールアンテナを作る。ハンディ機などのトランシーバから電波を出して、ダイポールアンテナで受信した電圧が**最大**となるエレメント長を割り出す。
- ③ ダイポールアンテナのトランシーバ側にエレメントを長めにした導波器を取り付ける。先の方法と同様にエレメントをカットしながら電圧が**最大**となる導波器のエレメント長を割り出す。
- ④ ダイポールアンテナのトランシーバ側に取り付けた導波器をトランシーバと逆の位置に取り付ける。
- ⑤ ダイポールアンテナのトランシーバ側にエレメントを長めにした反射器を取り付ける。先の方法と同様にエレメントをカットしながら電圧が**最小**となる導波器のエレメント長を割り出す。
※これは後ろから届く電波の感度を最小にしたいという思いからそうしたが、前から届く電波を最大したいという考えがあれば、③のあと④を飛ばして、単にトランシーバと逆の位置に反射器を取り付けて、電圧が最大となるエレメント長を割り出す、という方法が良いかも知れない。

アンテナ作りは次ページより図で説明するが、作るためには、テスタで電圧を読むための RF プロブが必要になる。

下の図は RF プロブの回路例。アンテナ製作時は 5pF のコンデンサを 20pF とした。電圧が最大または最小となるエレメント長を確認するためのものなので、あまり深く考えなくて良いと思う。



下の写真(左)は試作受信機のアンテナエレメント(電線)を支えるために使った樹脂製の棒。ホームセンターで扱っている「カブセ」と呼ばれるものらしい。

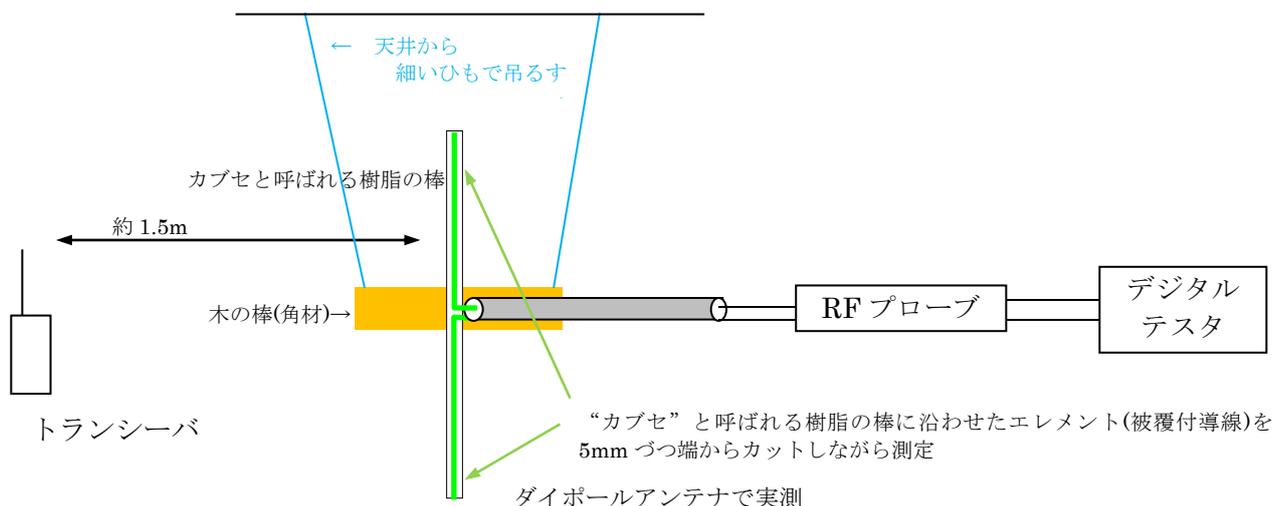
これに電線を沿わせて、下の写真(右)のようにスパイラルチューブで固定した。



ダイポールアンテナを作ってアンテナの端子電圧がピークとなるエレメントの長さを確認する。
アンテナエレメントは樹脂の棒に沿わせて、樹脂の棒は木の棒(角材)に固定し天井から吊るした。

ハンディトランシーバは出力を最小の 0.5W に設定して測定記録中は連続送信状態にする。手で PTT を押さずにマイク端子の PTT と GND を抵抗を通して接続し送信させる。

アンテナのエレメントは 1m くらい、長めに作っておいて、5mm ずつ両端をカットしながら RF プロブで整流した電圧をデジタルテストで読み、記録してみた。



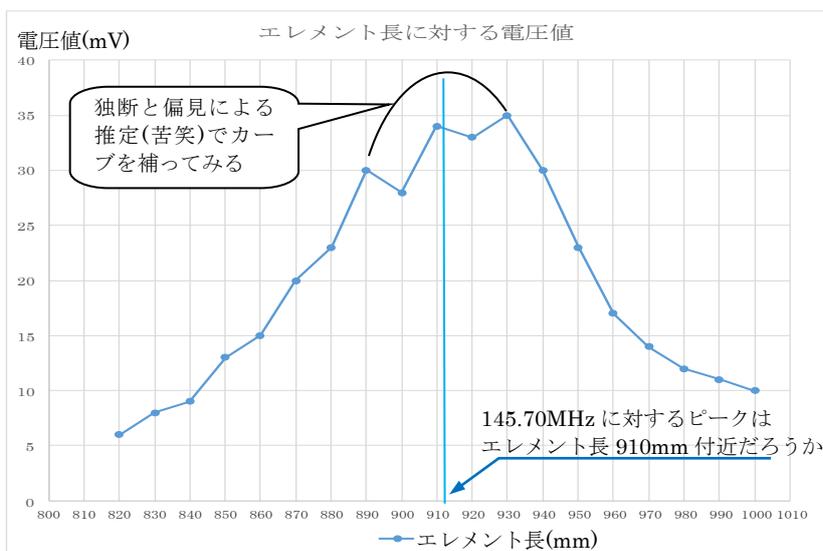
エレメント長に対する実験

各エレメント長 (mm)	放射器だけ① (mV)	導波器を追加② (mV)	逆方向に反射器を追加③ (mV)
1100			65
1090			64
1080			63
1070			56
1060			58
1050			63
1040			57
1030			54
1020			53
1010			51
1000	10	20	49
990	11	24	43
980	12	25	37
970	14	30	29
960	17	34	22
950	23	40	16
940	30	47	9
930	35	60	3
920	33	78	19
910	34	106	80
900	28	162	180
890	30	150	254
880	23	122	250
870	20	92	230
860	15	71	204
850	13	58	184
840	9	47	163
830	8	44	163
820	6	36	154

アンテナで拾った電波の電圧値はテストで読めたが、何だか・・・以前ABSパイプをエレメントの支えとして使いUSBオシロで確認した結果ではエレメント長 930mm~940mm にピークがあるようであるが、今回使っている“カブセ”と呼ばれる棒を支えに使うとピークがやや低い周波数にあるような。左の表の①

グラフにしてみた。ピーク付近がうまく取れていない。ピーク付近の電圧値がばらついているのは天井から吊るしているアンテナがゆれたからだろうか。

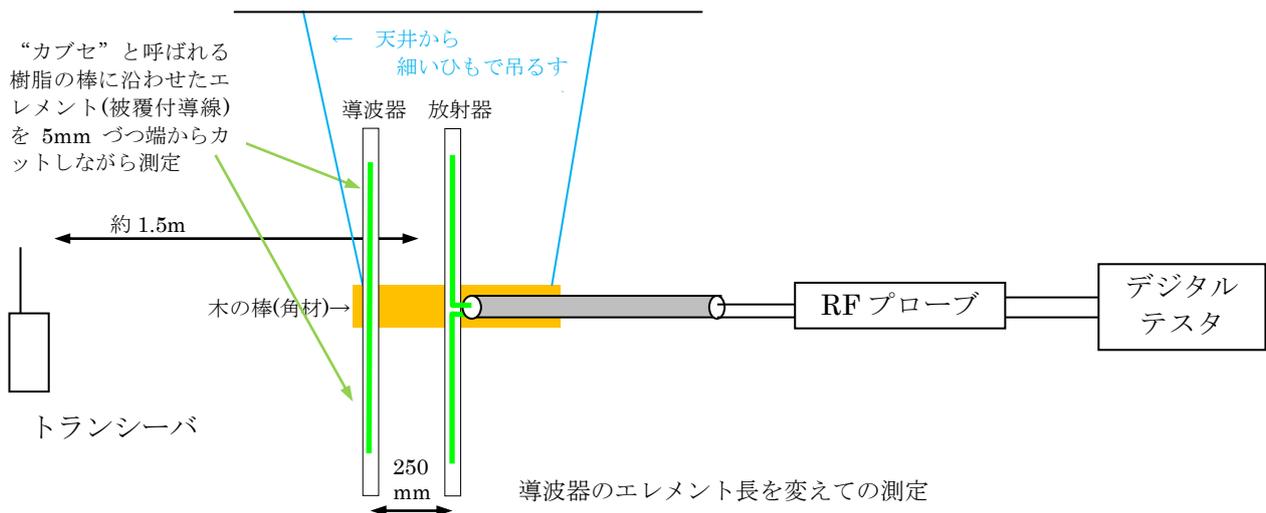
独断と偏見による推定(苦笑)でカーブを補ってみるとエレメント長 910mm あたりで電圧値が最大になっているようだ。



ダイポールアンテナでの測定結果

エレメントをカットしながら測定の終わったダイポールアンテナはエレメントが短くなっているの
で、導線を継ぎ足してエレメント長を 910mm に延ばすとダイポールアンテナとしては最も強い信号で
受信できるはずだ。これを八木アンテナの放射器として使う。導線がたくさんあれば新しい導線でエレ
メントを作り直しても良いだろう。

次に放射器のトランシーバ側に導波器を取り付けた。エレメントの間隔は今回は 250mm とした。
250mm でなくても良いのであるが(^^); 八木アンテナの 3 素子を 250mm 間隔で並べると見栄えが良
いのかなと・・・。時間がたっぷりあれば間隔も変えて試したいところではあるが、今回はとにかく
250mm 間隔で。(笑)

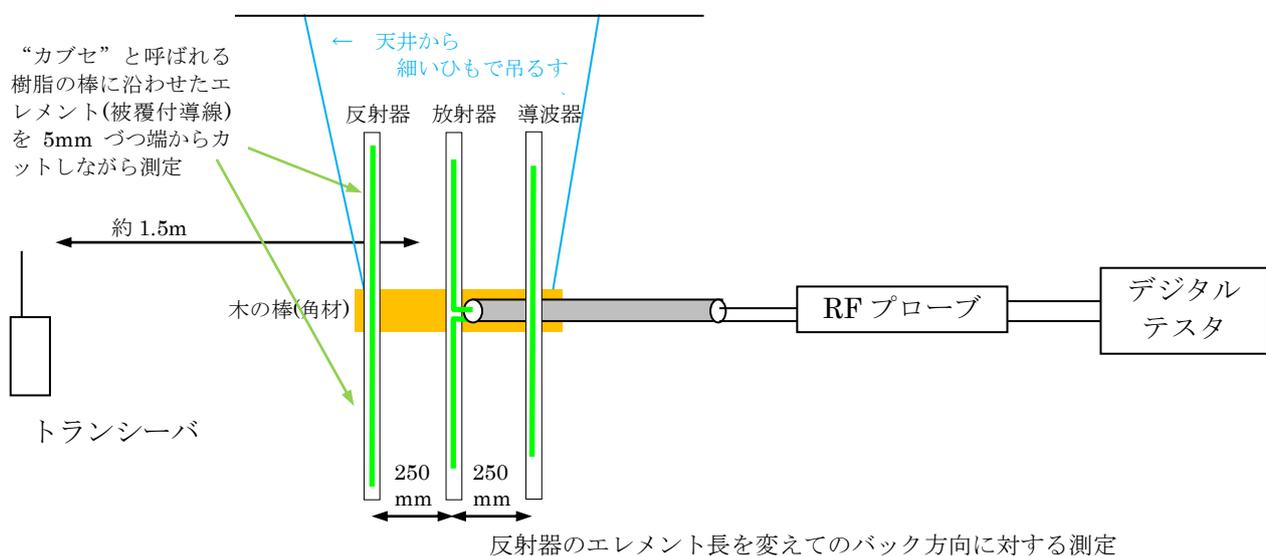


導波器のエレメントを少しずつカットして行くと放射器から出てくる電圧が上がってきた。導波器の
エレメント長 900mm あたりで電圧のピークがある。前頁の表の②

次に下の図のように導波器の位置を変えて(放射器から見てトランシーバと逆の方向に付けて)導波器
のついていた部分に反射器を取り付けた。八木アンテナの指向性としてはトランシーバと逆方向になる
が、こうした理由がある。

反射器をつけて、さらに受信信号が最大となる反射器のエレメント長を確認するのでなく、アンテナ
の指向性としてバック方向の感度を最小にするためのエレメント長を確認したかった。前頁の表の③

バック方向を最小にした時に先に確認したフロント側の感度が落ちているかもしれないが・・・、そ
うしたかった。



測定結果をグラフにしてみた。

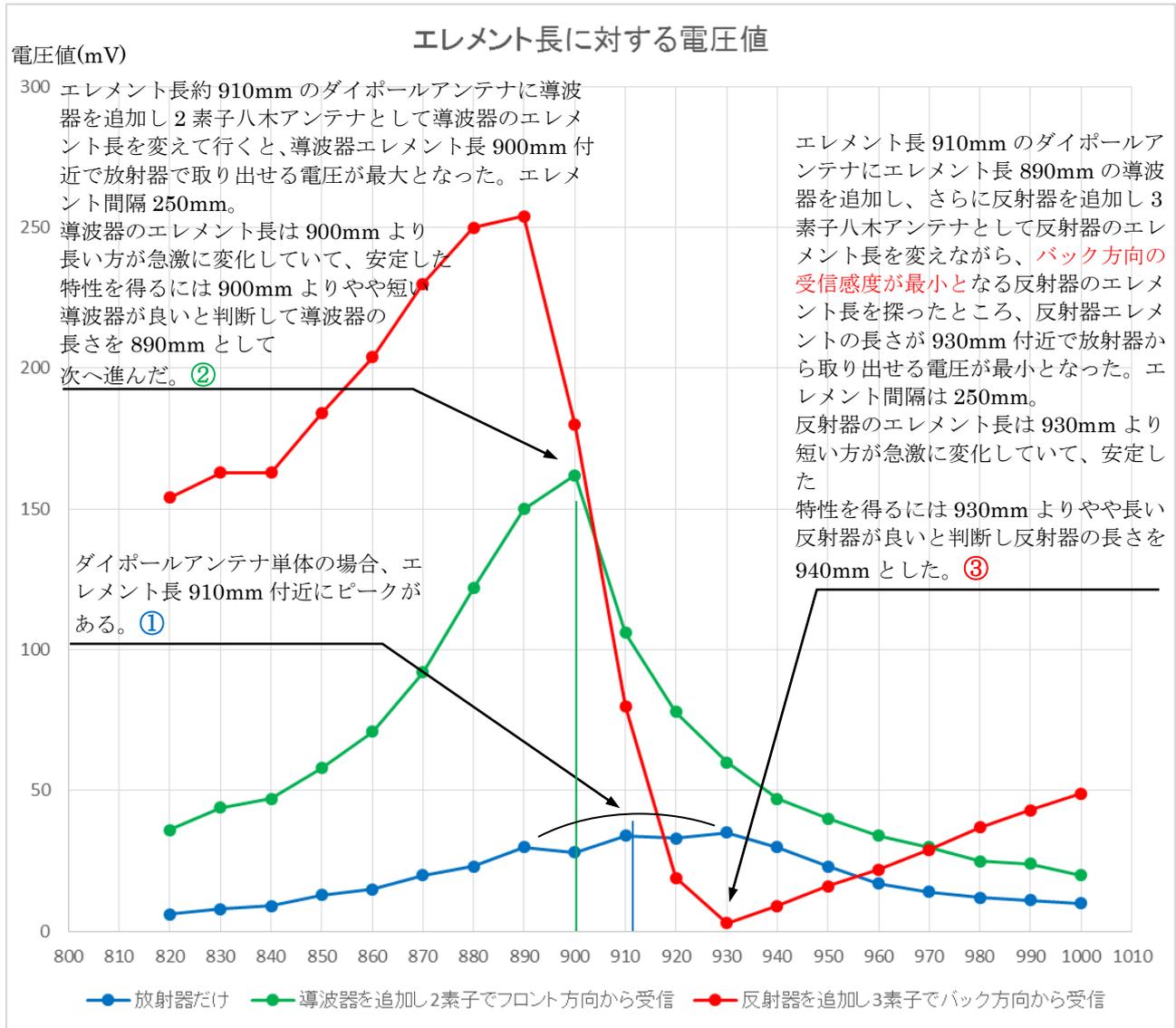


図 68 エレメント長を変えながら信号の大きさを測定してみる

このようにシミュレーションでなく実測から得られたエレメント長で3素子八木アンテナを作って試作受信機につないでみたが、良い感じ。受信感度が明らかに良い。前後比も良い感じ。(今まで初めは良い感じで、後でいまいち、というのが多かったが、さて、今後使ってみてどうなることやら(笑))

いろんな製作記事で、導波器は放射器より少し短く、反射器は放射器より少し長く、とよく見た気がするが、今回の測定結果では“少し短く”“少し長く”という表現が適していないように思った。

少してどのくらい？人によれば 1cm だったり 5mm だったり 2cm だったりするように思う。

さらに今回のように電線を樹脂に沿わせるような方法でエレメントを作ると、支えとなっている樹脂の形状や材質によって一般に言われる短縮率とだいぶ違うように感じた。

■使用方法

距離レンジ SW は遠い(感度 VR 側)へ倒し、感度 VR は右いっぱいにまわす。

周波数 VR をまわして TX からの電波を受信できたら、感度 VR を左に回して聞きやすい位置に調整する。

TX に近くて電波が強すぎる時は距離レンジ SW を近い(感度 VR と反対側)へ倒し必要であれば再度感度 VR を調整する。

アンテナは最大感度が得られる方向だけでなく、ヌル点(感度が最低となる方向)も使うと良いかも。最大感度方向の指向性が鋭くなくても、ヌル点方向はキレが鋭いこともある。

■お楽しみ

この記事では八木アンテナのエレメントの間隔は 250mm にしたが、これがベストではない。好みでそうしただけ。自作する人には 250mm 以外でも試して欲しい。もっと鋭い指向性が得られると思う。

アンテナジャックは 3.5φ ステレオジャックなので 3.5φ ステレオプラグのついたケーブルを自作アンテナにつけておけば、いろんなアンテナを試すことができる。

2 素子～5 素子くらいの八木アンテナ、HB9CV、ループアンテナなど。

■部品について

バランスドミキサ SA602AN は SA612AN、NE612AN、NE602AN 等が互換性があるらしい。互換品を含めると 2015 年 6 月 13 日現在、入手可能らしい。

UTC7642 は LMF501 や TA7642 等が互換性があるか未確認。

トランジスタ 2SC1907 が無ければ他のトランジスタでもバイアスを調整すれば使えると思う。2SC1907 は 2015 年 6 月 13 日現在、入手可能らしい。

FET 2SK241GR が無ければ、感度がやや落ちるかもしれないが 2SK241Y でも使用可能かも。

局部発振回路の 20pF 以下のコンデンサは C0G 特性のものを推奨する。C0G がなければ NP0 でも可能。

コンデンサのリード線の間隔は 2.54mm ピッチの部品を推奨する。

トリマコンデンサは極力温度特性の良いもの、NP0などを推奨する。ちなみに使ったのは共立エレクトロニクスで購入したスワロー誘電の CVSSA0301。

抵抗器は小型 1/4W を推奨する。

セラミックフィルタ SFU455B は新型番が SFULA455KU2B-B0 らしい。同等品も含め 2015 年 7 月 11 日現在、多くの店で入手可能。

■注意

電池の電圧が 7V 近くまで落ちると、回路へ供給する 5V の電圧が維持できなくなる。

使用しているレギュレータ IC のドロップが約 2V であるため。

電圧が落ちると局部発振周波数が低い方へずれる(受信可能な周波数が低い方にずれる)恐れがある。

低ドロップタイプのレギュレータ IC を使えば電池の電圧が 7V 未満であっても、しばらくは正常に使用できると思う。

■2015年9月21日追記

①感度切替について

その後、ハムフェア 2015 へ行く機会があり、試作受信機に対する評価をもらったり話題があったり。

展示コーナー近くでもらった評価や話題は、受信機としては素直であるが TX の至近距離で感度をもう少し下げられないと今一步のところでは TX を見つけられないかも。指向性のキレが甘いが入る点はハッキリしている、アンテナ一体型ではないので使う人が HB9CV にするなど使う人が自由に選択できる。

競技者は受信機(アンテナ)を最も強く受信できる方向に向けて TX を探索する特性があり、ARDF に慣れるにつれて短時間で TX へ接近できても TX の近くで TX の方向がわかりづらく TX の近くで時間を費やすことになる、もう一步改善できないか・・・、というような話であった。

うーん、感度アップが裏目に出たか。(苦笑)

確かに四国地方 ARDF 競技大会で TX の至近距離で TX の方向がわからずアンテナのヌル点や偏波面、視覚に頼ったところがある。

試作機の目的は上位入賞ではないが TX を目前に TX 発見に至らないということが重なれば ARDF をやっても楽しくないかもしれないし、ARDF に慣れていない人が試作機を使って ARDF や無線に興味を持ってもらうためにも、今一度、改良を考えてみようと思った

感度ダウンの方法は以前から、いくつか頭の中には案があって、それを試してみた。

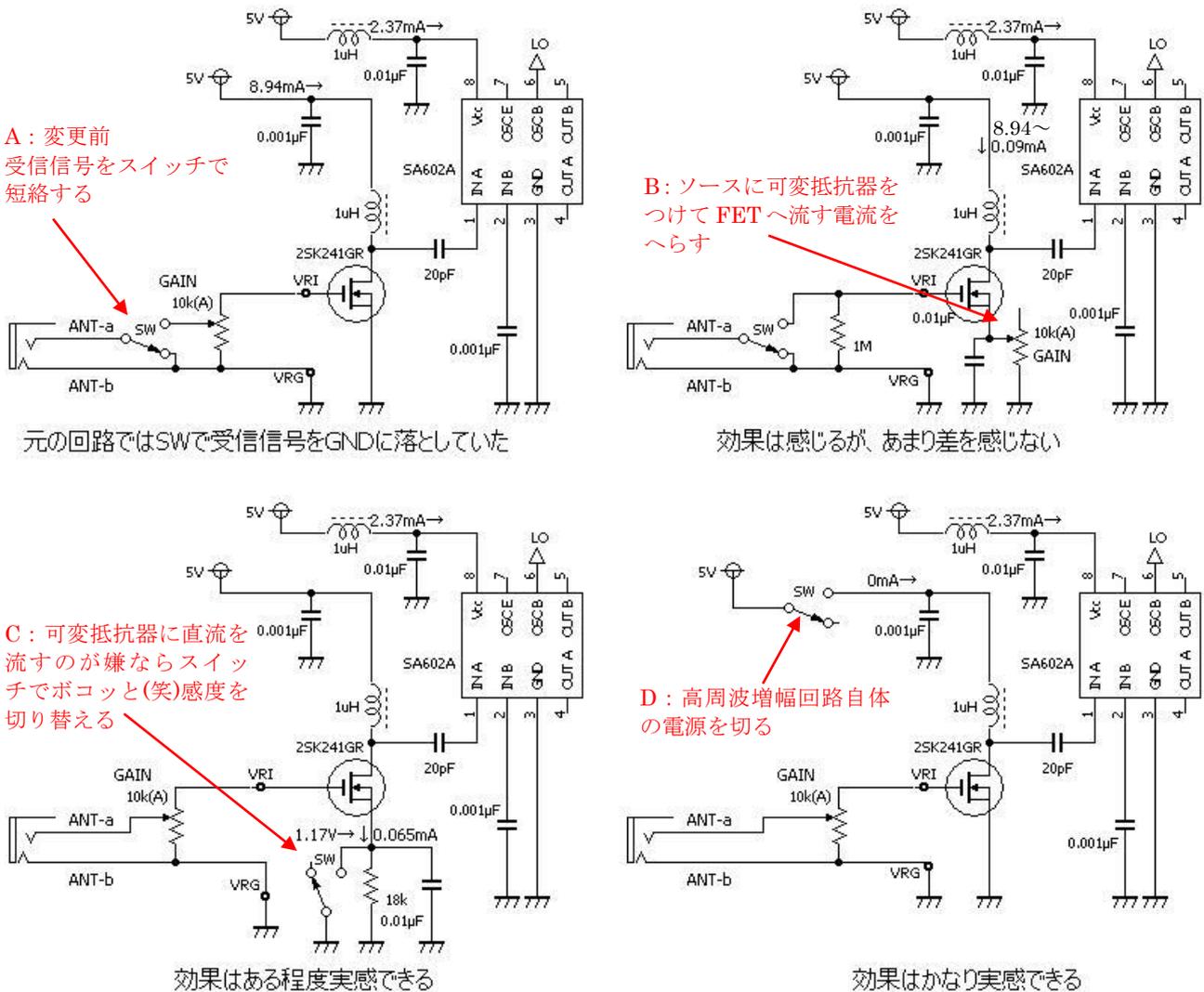


図 69 感度ダウンの方法

元々、感度を一気に落とす方法として受信信号を短絡させてしまう方法を使っていた(前頁左上 A)が、“一気に”と言いながら、TX の近くでは感度ダウンが不十分だった。(苦笑)

受信信号をスイッチで短絡し GND に逃がしても 2SK241 を使った高周波増幅回路は組まれたとおりの増幅率で動作していて、アンテナから入ってきた受信信号のモレが受信機のケース内を飛んで、高周波増幅回路に入ってしまうと、それなりに増幅されて感度が絞れないようで・・・。

そこでメーカー機で使われている素子のバイアスを調整して感度を落とす方法(前頁右上 B)として感度調整に使っていた 10k オームの可変抵抗器をそのまま FET のソースへつないで電流を調整してみることにしたが、可変抵抗器の抵抗値を最大の 10kΩ にして電流が約 9mA から約 0.1mA に減らしたにもかかわらず元の回路よりマシという程度で、もっと電流を減らさないといけないか・・・と思った。

個人の回路設計の趣味として可変抵抗器になるべく直流電流を流したくない(抵抗値を減らしてゆくと 9mA ほどの電流が可変抵抗器内の抵抗体と摺動子(可変抵抗器の可動接点の部分)一部を流れることになることが好ましくないと考えているから)という思いがあったので、スイッチと固定抵抗で感度を切り替える方法(前頁左下 C)を試してみた。

固定抵抗の値は手持ちにあった 18kΩ をつないでみたが、可変抵抗器で電流を抑えた時より効果は実感できた。

そこで、思ったのであるが、ソースに 18kΩ もの抵抗を入れて電流を約 0.065mA まで抑えて利得を抑えることを考えるなら、思い切って高周波増幅回路を OFF にしてしまったらどうか？電流を限りなく 0(ゼロ)にするのと OFF にしてしまうのと、あまり変わらないのと違うか？いや OFF にしたら一番効きが良いような・・・。

しかし、2SK241GR の特性としてソースに抵抗を入れてゲートの電圧を下げたとしても、ソース抵抗を 10kΩ からさらに大きくしても、そう変わらないような気がしたが、高周波増幅回路の電源 ON/OFF を試してみた(前頁右下 D)。

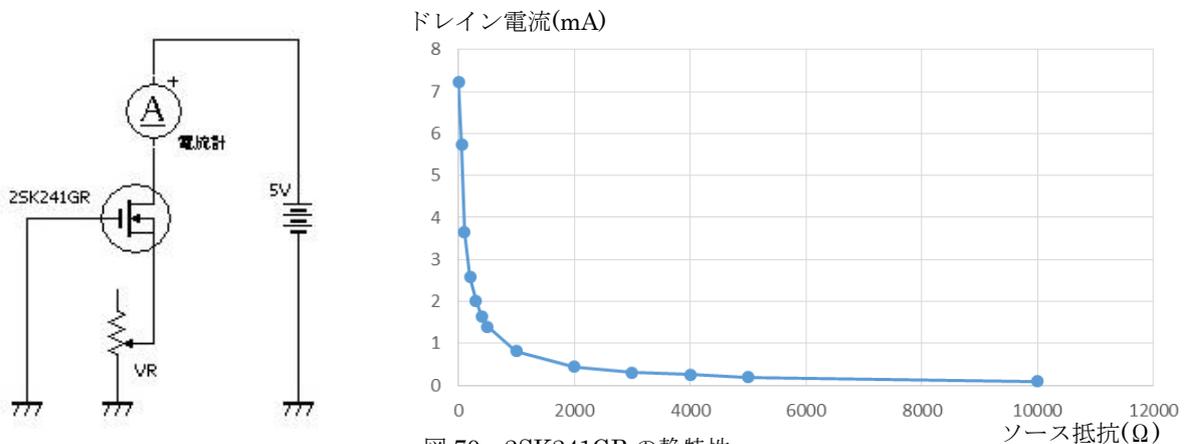


図 70 2SK241GR の静特性

一気に感度を落とす方法は高周波増幅回路を OFF にするのが一番効果を大きく感じたが、この方法は邪道かも知れない。(苦笑)物理的な部品配置や配線の引き回しで変わってくるように思うから。

電源を切る方法を一番最後に試したのは理由がある。試作受信機は電源の安定化に 78L05 というレギュレータ IC を 1 個使っていて負荷電流はすべての回路を動作させた状態で 24mA 程度。2SK241GR だけで約 9mA の電流が流れているということは感度切替をするたびに負荷電流が倍半分とまで行かないもののボコボコ変化する。その影響が局部発振周波数に変化を起こさせないか心配だったから。発振回路の周波数安定の条件として電源電圧の安定化は基本中の基本のはず。

144MHz のトランシーバの SSB モードで局部発振周波数を聴いてみると確かに周波数は ON/OFF で音が変わるが 200Hz くらいの変化だろうか。FM トランシーバに自作の ID ジェネレータをつないで電波を出して受信してみた感じでは高周波増幅回路の ON/OFF を切り替えても周波数の合わせ直し無く受信できた。ARDF の競技で使われる AM の電波でどうかはやってみないとわからないが。(笑)

プリント配線を変えずに高周波増幅回路の電源を ON/OFF できるように改造するには

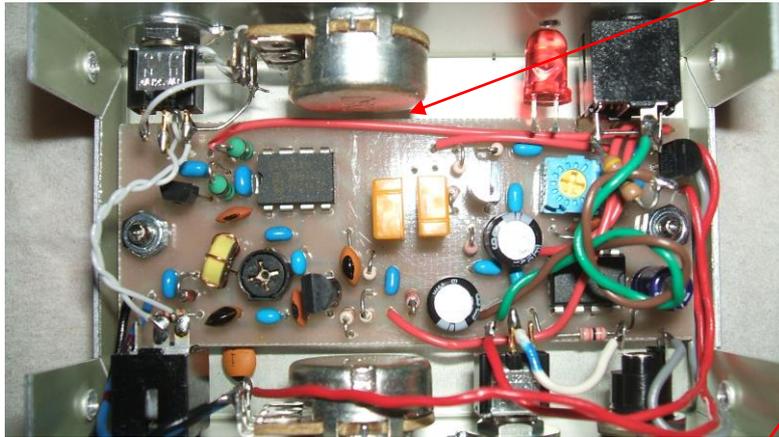


写真 13

SA602 と 2SK241 へ 5V を供給する配線を抜いて
(この写真ではこの赤の配線)

SA602 の 8 番ピンにつながっているリードインダクタの 5V 電源側を切断し (X の部分)

切断したリードインダクタ側に抜いた 5V の配線をつなぐ。

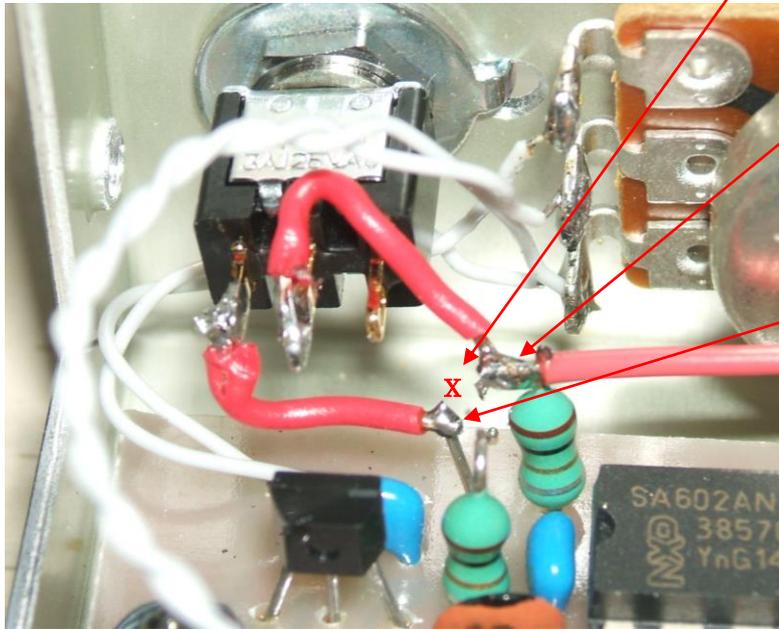
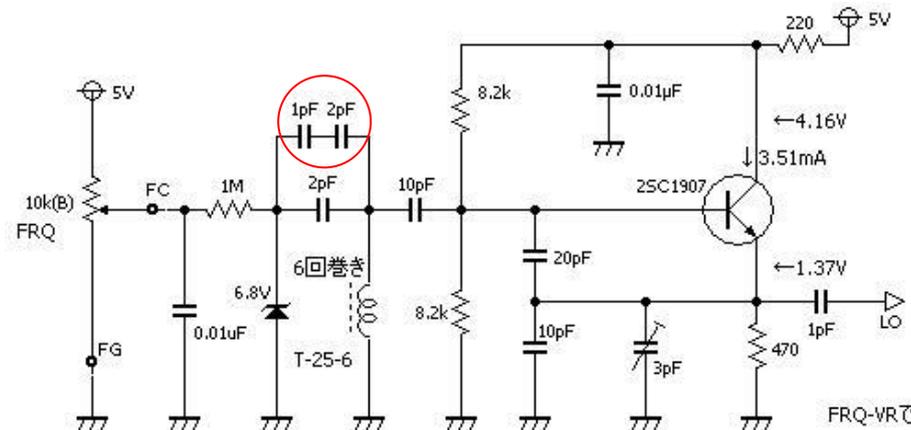


写真 14

さらに、その 5V の電源を SW を通して、先ほど切断したリード線のプリント配線側へつなぐ。こうすることで SA602 には常時 5V が供給され 2SK241 には SW の ON/OFF で 5V の供給を入り切りできる。

②局部発振周波数の合わせ込み

局部発振回路のコイルにつながっている 2pF のコンデンサに基板の裏側で 1pF のコンデンサを並列につなぐと局部発振周波数が低すぎることがあったので、1pF のコンデンサに 2pF のコンデンサを直列接続したものを基板の裏側でつないで合わせ込んだ。○の部分。



○のコンデンサのは 1pF と 2pF を直列にする以外に 1pF を 2 個直列にするなどカットアンドトライが必要になるかも知れない。

図 71 周波数の合わせ込みはカットアンドトライ