

## 『2mARDF 簡易型受信機\_2種(Final)』

### § 0. はじめに

茨城高文連無線部会・全国高ア連のご理解により中高物理部員全員が「19th 全国高等学校 ARDF 大会 (in 新潟県阿賀野市)」に参加できることとなりました。受信機が足りず部品の入手も困難なため手持ちの部品で急遽 4 台ほど製作することになりました。「必要最小限の部品で2種類の何とか使える(?)受信機」の製作に Try しました。

「我ら体育会系物理部・無銭班! できない理由をならべるよりもどうやったらできるかを考える」が部則、無い物は作る! 各校の先輩達や OM 諸氏から教わったノウハウを続く部員のために記録しました。製作・改造好きの諸君の参考になれば幸いです。

#### (1) 製作機

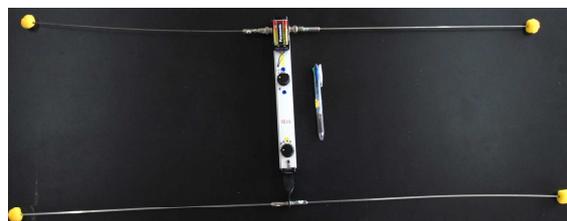
**V4.99:ダイレクトコンバージョン (DC) 受信機の実用最少版 / 2ele 八木一体型**

**V7.7 : スーパーヘテロダイン (クリコン + 10.7MHzDC) / 2ele 八木一体型**



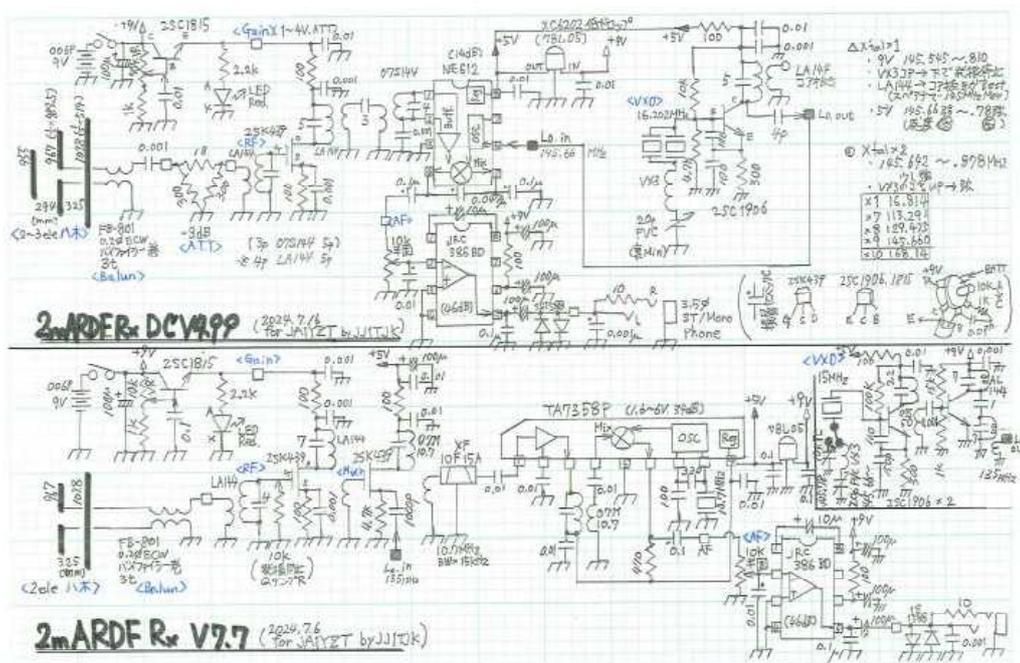
V4.99

V7.7



#### (2) 回路図

こんな簡単な回路で ARDF を楽しめます。ご笑読あれ。

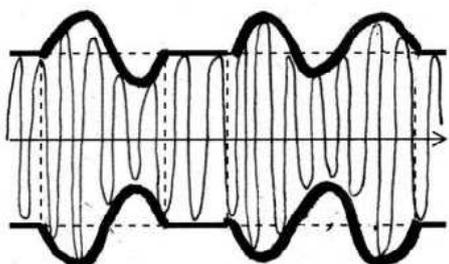


## § 1. 受信方式 (AM 検波? プロダクト検波?)

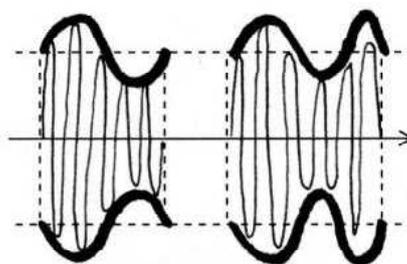
144MHz ARDF は電波形式 F2A (FM トランシーバー使用) 又は A2A (正式競技) で AM や FM の検波回路が必要です。AM 検波だと、周波数を少しずらすと FM 波を聞くことができ(スロープ検波)ました。AM ラジオ用 IC を使って実験したところ、AGC がかかって方向探知に難がありました。

ARDF の A2A は、連続キャリアを断続(CW)低周波音で変調[図 1-1a]するのではなく、低周波音で変調されたキャリアを断続[図 1-1b]します。F2A は変調音に応じて数 kHz 周波数がシフトします。SSB や CW 用のプロダクト検波回路(DC 方式)で受信可能かも!

DC 方式は SSB (J3E) や CW (A1A) 受信用です。A1A は澄んだビート音で聞こえます。キャリア断続の A2A は少し濁ったビャービャー音となり、周波数をずらして好みの音程で受信します。F2A はキャリア周波数に零ビート(受信周波数 = VXO 周波数、差が 0Hz の直流音)しておく、意外と綺麗な CW 音で受信できます。ARDF 競技すべての電波形式に対応できます。Tx 間のわずかな周波数のズレも、音階として聞き分けられました。



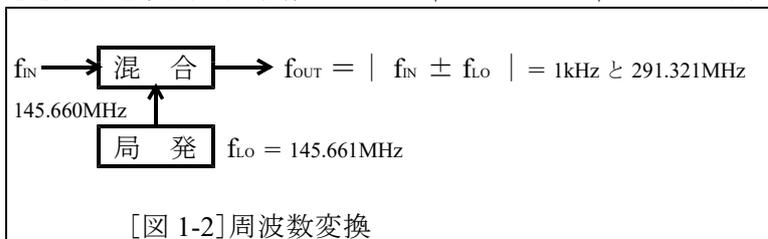
[図 1-1a] A2A? 連続キャリア/断続変調



[図 1-1b] ARDF の A2A キャリア断続

### (1) ダイレクト・コンバージョン (Direct Conversion : 以下 DC) 方式

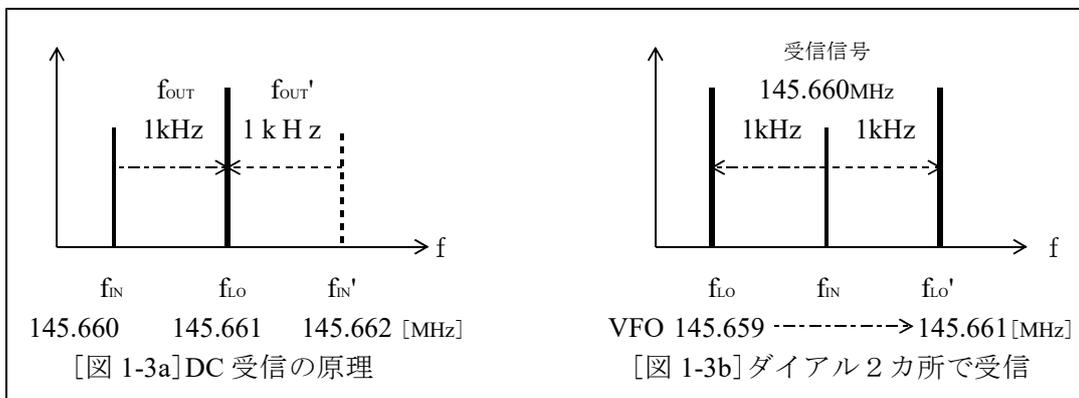
[図 1-2] は周波数変換(コンバーター)です。入力信号周波数  $f_{in}$  と局部発振周波数  $f_{lo}$  を混合すると、出力周波数は  $f_{out} = |f_{in} \pm f_{lo}|$  の 2 つが出てきます。



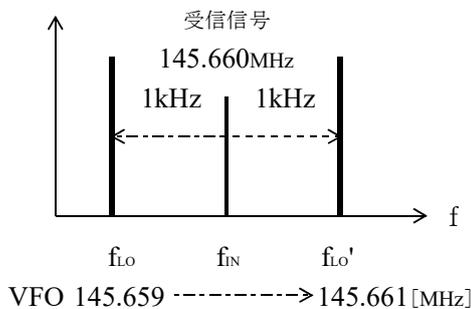
入力信号  $f_{in} = 145.660\text{MHz}$  とほぼ同じ局発信号  $f_{lo} = 145.661\text{MHz}$  を混合すると、出力には  $f_{out} = 1\text{kHz}$  と  $291.321\text{MHz}$  が出てきます。

[図 1-2] 周波数変換

291MHz 帯を取り除くと、差の「可聴音 1kHz」をビート音として受信できます。つまり受信電波を直接(ダイレクト)低周波に変換(コンバート)できるのです。



[図 1-3a] DC 受信の原理



[図 1-3b] ダイヤル 2 カ所で受信

## (2) 利点と欠点－DC方式の検討

<欠点>もあります

- ①[図 1-3a]のように原理上  $f_N' = 145.662\text{MHz}$  の入力信号も  $1\text{kHz}$  の音として出力、2つの信号を同時に受信してしまう。人の可聴音上限は  $20\text{kHz}$  前後ですが、 $f_{lo} \pm 20\text{kHz}$  以内の信号がすべて「音」として受信されます。
- ②[図 1-3b]のように目的信号  $f_N = 145.660\text{MHz}$  を  $1\text{kHz}$  の音で聞こえるように VFO ダイアルを回していくと  $f_{lo} = 145.659\text{MHz}$ 、 $f_{lo}' = 145.661\text{MHz}$  の 2カ所で受信されてしまう。
- ③局発信号が受信信号に近いと、局発強度や実装に注意しないと空間に放射されて混信を与える可能性があります。(ARDF ルール:  $10\text{m}$  以上離れた受信機に妨害を与えてはいけない)
- ④同一周波数を増幅するために発振対策が必要で、感度に限界があります。  
(集会でアンプのボリュームを上げたり、マイクをスピーカーに近づけると「ビャー」とハウリングを起こす。あれと同じ。校長先生の話は長くても静かに聞きましょう。)
- ⑤強すぎる電波を受信すると、VFO ダイアル位置に関係なくバンド中で AM 検波をしてしまう。(水戸や日立では低周波アンプの入力にアンテナをつなぐだけで、NHK の AM 信号が受信できます)

<利点>は

- ⑥回路がシンプル。(ですが、アンテナ工作や探査の技量がもろに影響する！)
- ⑦スーパーヘテロダイン方式受信機の宿命である変換ノイズがほとんど無く「静か」な音。
- ⑧ AGC 無しのストレート受信機なので、受信音の大小で距離感が素直につかめる。等々。

人間の可聴音域は  $20\text{Hz} \sim 20\text{kHz}$  です。物理の実験をするとクラス 1～2 名程度は 20 数  $\text{kHz}$  まで聞こえる獣のごとき耳を持つ生徒がいます。中高(老)年代代表の小生は  $15\text{kHz} \sim 18\text{kHz}$  前後のモスキート音域から怪しくなり、悔しい思いをしていました。黒板を爪でひっかくと生徒諸君にはダメージがありますが、小生には全く影響がありません。DC 受信機を考えると  $\pm 18\text{kHz}$  は帯域  $36\text{kHz}$  のフィルターに相当します。回路にフィルターが無くとも爺フィルターがきき、若い諸君に比べて少ない混信で受信できそうです！また、 $144\text{MHz}$  帯では  $10 \sim 20\text{kHz}$  ステップのチャンネル使用のため、隣接混信音は高音域となって耳で区別できそうで、欠点①②はメドが立ちました。欠点④の感度については「競技フィールド内が聞こえれば可」と割り切ってしまう。⑤はアッテネーターで対応可。ゴールビーコンの混信については、ビーコン信号(水平偏波)は  $200\text{m}$  ほど離れて垂直偏波受信にすると影響を回避できました(ビーコンだけ垂直偏波にならないかな?)。それ以上離れるとほとんど探査に影響がありません。

P.S. 往年の部品(コイル、ポリバリコン、ボリューム、IC 等々)の入手が急速に困難になっています。チップ化や制御の電子化、日本の部品メーカーの廃業等理由は様々です。

日本製の良質 FCZ コイルは希少品、最近中華製 FCZ コイルが出始めましたが VHF 用はコアの影響で Q が低いそうです。コアを無くしてしまったコイルや、中華 FCZ コイルは、いっそのことコアを抜いてしまってトリマーコンデンサーで同調をとると結果良好でした。自分でコイルを巻くよりもずっと再現性が良いです。

## § 3. 144MHz ARDF\_Rx ① DC\_V4.99

### (0) 諸元・回路構成

受信周波数:145.64 ~ .87MHz 連続可変／電波形式:A1A、A2A、F2A / 2 ~ 3ele 八木一体  
／電源:5.5 ~ 12V / イヤホン:3.5 φ ステレオ又はモノラル 4 ~ 32 Ω

(3ele+Balun) 10dB + (ATT) -3dB + (RF) 20dB + (NE612) 14dB + (AF) 46dB = 80 ~ 90dB  
(1 石 VXO)——↑ 以下、太字は Keyword

### (1) 局部発振 (OSC) 145MHz 帯 **2SC1906(1石)VXO**

1 石の 高次オーバートーン発振 回路で VHF 帯の出力を取り出している例があります。  
目的周波数以外のスプリアスや周波数変動が少ないのが特徴です。

本機のように周波数を動かしたい場合は正攻法では「基本波発振をさせて、初段の同調回路で 3 ~ 4 倍高調波を取り出し、次段の通倍回路で 145MHz 帯を取り出す」。以前の DC 受信機ではこの方法を採用していました。ただし基本波周波数の整数倍のスプリアスが  
多く、目的周波数を受信しながらラジケータなどで出力最大に調節すると、隣の倍数の周波数に合わせてしまったりして注意が必要です。発振出力が強めだと DC 受信機の感度が向上しますが、10m 先のトランシーバーのメーターがフルスケールになって ARDF ルールに抵触してしまいます。初段トランジスタの E 抵抗を 1k Ω とし、基板のシールドを強化してぎりぎり回避できました。

今回の発振回路は 1 石とし、hfe の高い 2SC1906 を使用して E 抵抗を 300 Ω として少し強めに発振、16.202MHz (安価な汎用水晶発振子) の 9 通倍波を同調回路で直接取り出す事としました。TinySA (簡易スペクトラムライザー) を見ながら同調回路を調整すると、目的波がすっとんと強くなる場所があり、受信用になんとか使えます。

145.80MHz 以上で発振し、水晶 1 個での実験では 145.66MHz まで下がりませんでした。周波数を大きく下げると発振出力も弱まり、DC 受信機の感度も低下します。対策です。

※ VXO (バリアブル・クリスタル・オシレーター?) 実験の傾向

- ① 水晶に直列に 10 ~ 20pF のバリコン (1pF ~ 20pF 程度可変 / またはトリマ) だけを入れると、表示よりも 周波数が上に動く。(※ ポリバリコンの裏側の補正用トリマは最小に設定)
- ② 回路図のようにコイルと 20pF バリコン を直列に入れると、コイルの値を大きくすると下に下がり、バリコンの容量を小さくすると上に動く。L = 4.7 ~ 14 μ H (コイルによって性能に大きな差。FCZ の VX3 推奨、FCZ コイルの 3.5MHz 用 1 次側で代用可) たくさん動かそうとコイルの値を大きくすると発振が不安定になったり停止する。
- ③ 水晶発振子は U タイプの方が、背の低い US タイプより動かしやすい (特注品が理想!)
- ④ 同一水晶を 2 個並列 (SuperVXO) すると、145MHz 帯で数百 kHz ~ 1MHz 程度動いてしまい、発信強度も少し強くなります。減速機構のないバリコンだと 200kHz 幅程度が使いやすい。コイルのインダクタンスで下限周波数を設定。145.66 ~ .80MHz 以上まで、実用強度で発振。
- ⑤ 電圧変動に弱いため、5V レギュレーターを配した。

※ 実装ノウハウ

発振回路を別基板にして同軸ケーブル等で配線すると、洩れ電波に悩まされる。鉄板等で磁気シールドも考慮した作りが必要。

今回は VXO 回路を Mix 回路 (NE612) 直近に配線 したため、となりに受信機をもってこないと検知できない程度の洩れ!!

水晶によって個体差が大きく、再現性が一番低い (楽しい) 回路です。Cut & Try !

## (2) 低周波増幅(AF)\_LM386 → JRC386BD

音量ボリュームを省略(半固定抵抗)してほぼフルゲインで動作させます。DC 方式は内部雑音が少ない静かな受信機のため、高周波増幅段のゲインコントロールだけで音量調整も兼ねることができました。LM386 は定番の低周波アンプですが、最大電源電圧がメーカーや型番によって様々で注意が必要です。10V 前後までにしておいた方が安全で、12V で使うときには整流用のシリコンダイオードを2本ほど直列に入れて電圧を下げて使うのが無難のようです。今回は4～18VのJRC386BDが入手できたので使用しました。

Pin1,8 で増幅率を設定します。DC 受信機の場合、AF 段で感度が決まるといっても過言ではありません。① Pin1,8 間に何もつながらない場合は 26dB(× 20 倍)でノイズがほとんどありません。② Pin1,8 間に 4.7  $\mu$  F ~ 10  $\mu$  F (Pin 間電位差がほとんど無いので、タンタル C やケミカル C を使う場合どちら側を+にしても問題なし)をつなぐと 46dB(× 200 倍)となり、小さなイヤホンを使うと「サー」というノイズが多少気にかかります。

③ (Pin1,8 間に何もつながらず。LM386 で実験) Pin1 と GND 間に 100  $\mu$  F と抵抗 R を直列に入れると NFB 量が減り、R=1k  $\Omega$  / 40dB(× 100 倍) ~ 3.3  $\Omega$  / 76dB(× 1000 倍以上)となるそうです(CQ 誌 1997.7)。実験の結果、R が 1 桁だと猛烈に発振してしまいました。R=10  $\Omega$  に設定しましたが、感度は上がるものの「ザー」という内部雑音が不快で長時間の受信には耐えられません、ここ一番の時に使用できるよう「ターボスイッチ」とした機器も製作しました。本来は前段にトランジスタ 1 石程度の増幅器を置いた方が良いのかもしれませんが、簡素化を優先させたため無理をしています。せめてオーディオ機器並みの静かなノイズで 100dB 前後の AF 増幅器が簡単に実現できれば、DC 受信機の評価もまた違ったものになってくると思います。今回は②を採用しました。

Pin2 は入力です。10k  $\Omega$  の半固定抵抗で音量調節をします。0.01  $\mu$  F (積層セラミック)を GND との間に入れると高域ノイズが減って聞きやすい音になりました。

低周波入力周辺のコデンサは積層セラミックがおすすめです。以前ディスクコンデンサを使用したところ、探索中に走っている振動がイヤホンから聞こえてきました。コンデンサの電極板がマイクとしてはたらいたようです。

Pin3 は入力端子 (Pin2 と差動入力) ですが、入力に Pin2 を使ったのと配線のしやすさから Pin4 (GND) とともに GND に落とします。

Pin5 は出力です。GND との間 0.1  $\mu$  F は、スピーカーまでの配線が長いときの発振防止用です。当初、ARDF 機器として 2m 近いイヤホンを使ったところ猛烈な発振に見舞われました。コンデンサー一個で解決です。(同様の対策に Pin5 と GND 間に 10  $\Omega$  と 0.01 ~ 0.047  $\mu$  F を直列に入れたものを良く目にします。高音域での発振防止のための位相補正用だそうです。)出力の 100  $\mu$  F は 470  $\mu$  F くらいに大きくすると低音が良くなるようです。オーディオ機器ではないので了解度優先、小型の 100  $\mu$  F に設定。

ステレオイヤホンジャックの片側(右 R 側)に直列に入った 10  $\Omega$  は、万が一モノラルイヤホンを差し込んだときに負荷となって回路を保護するためのものです。ステレオ/モノラル両用となります。10  $\Omega$  による減衰は、耳で聞いても感じません。

スイッチングダイオード 1S1588 は過大音量(± 0.6V 以上)のときに信号をクリップして耳を保護するために入れました。目的外の効用として、Tx に接近すると波形が崩れて濁った音となるため、距離感がつかみやすくなりました。イヤホンジャックの 0.001  $\mu$  (1000p)F はイヤホンケーブルからの VHF 電波の回り込み対策のバイパス用です。

Pin6 は電源です。100  $\mu$  F (100  $\mu$  ~ 470  $\mu$  F) 2 個と 100  $\Omega$  (10 ~ 100  $\Omega$ ) はデカップリング回路です。電源側インピーダンスを下げ、電池駆動の時の大音量による瞬間的な電源

不足を補い、発振や他の回路に悪影響を及ぼすことを防止します。無くとも動作しますが、この回路を入れるようになってから電源周りの動作不良は一回も経験しておりません。

Pin7 はバイパス用とありますが、何もつなぎません (NC)

### (3) 検波 (RF/Mix/OSC) **NE612**

「VHF 帯まで使えてノイズの少ない素子」NE612 を選択しました。データシート抜粋「平衡入出力 (インピーダンス  $1.5k \Omega \cdot 3pF$ ) / 変換利得 14dB (RF・バランス MIX・OSC 内蔵) / 定電圧回路内蔵  $V_{cc}=4.5 \sim \max 8V (2.4mA)$  / 動作周波数  $\sim 500MHz$ 」とあります。「電源電圧は低い方が局発スプリアスが少ない」「入出力は直流的に一侧 (GND) に落とすと IC が壊れる」「外部発信回路で局発を注入する場合はある程度強い信号が必要」等々の情報。通電中に誤って Pin4 と GND 間をピンセットでショートしてしまっただころ、一発で壊れてしまいました。

Pin1,2 は平衡入力です。145MHz の同調回路、FCZ コイル 07S144 は 7pF で同調しますが、IC の入力端子間容量 3pF を差し引いて 4pF を配しました。コイルのコアを回して最大感度に調整します。Pin2 側に  $0.001 \mu (1000p)F$  のバイパスコンデンサを入れると平衡入力ではなくなりますが、接近戦でも回路が飽和せず探査できるようになりました。RF 段と 3pF 程度の小容量コンデンサで結合すると、負荷が軽くなって同調回路の Q が向上し、若干感度が良くなったような気がします。

Pin3 は GND

Pin4,5 内部は平衡出力回路ですが、平衡・不平衡で感度や音質にほとんど変化がなかったため、回路図のような不平衡回路としました。Pin5 側は局発入力端子に近く、配線が雑だと (高周波が乗って不安定? 雑音?) カサついた音となったため、Pin4 側から出力を得ました。 $0.047 \mu$  と Pin5 の  $0.1 \mu$  で出力の高周波成分 (145MHz 帯) をバイパスします。 $0.047 \mu F$  (積層セラミック C 又はマイラ C 指定) は大きくするとノイズが減って聞きやすい音になりますが音量が低下します。Pin4 の  $0.1 \mu F$  (積層セラミック C 指定) は  $10 \mu F$  程度まで大きくすると音質が多少改善されますが、送受信切り替え (将来トランシーバーにも発展させたい) 時に音もたつきます。ハイインピーダンスで信号電流が小さいので、 $0.1 \mu$  の小容量で充分のようです。値を色々変えて実験したのですが、結局は FCZ 誌 (文献欄参照) の値に落ち着きました。所詮はお釈迦様の手のひらの上です。

Pin6 は局発入力 (Lo in)。局発注入強度がこのシステムの性能を決める調整の勘所のようなです。弱いと混変調特性が良くビーコンに接近してもほとんど影響を受けませんが、感度が低下します。強めだと感度は良くなりますが、局発漏れが周囲の競技者を妨害し ARDF ルールに抵触します。さらに強くすると、受信機が発信します。また、局発の周波数純度が低い (基本波の倍数が多数強く出ている) と、いくつかの周波数を同時受信してざわついた受信音になります。

Pin7 は NC、内部の発振回路を使うかここに周波数カウンターをつなぐときに使います。

Pin8 は三端子レギュレーターを介して 5V 電源を供給。直近に  $0.01 \mu F$  程度のバイパスコンデンサーを配することが安定動作のコツです。

(1) ~ (3) までの高周波増幅なしの回路 (3ele 八木と一体型) で実験したところ、Tx1000m 以内で実用、感度無調整 (感度調節機能がありませんが...) で Tx10m 以内に接近、地面から 10cm 程度にアンテナを下げると 3m 以内に接近しても方向が出ました。(文化祭での ARDF 体験やデモ用に使えるかも...) 通常の大会では明らかに感度不足ですが、一度に全部を受信せず、一個ずつ探査すれば使えるかも...

#### (4) 高周波増幅(RF) **2SK439** & ゲインコントロール (Gain)

感度調節の方法について、アンテナ端子にボリュームを入れる方式、-20dB の  $\pi$  型アッテネーター(ATT)をスイッチで切り替える方式、等を実験してみました。3.5MHz では大成功だったのですが、144MHz 帯では接近戦で全く効果がありませんでした。作り方が悪かったのか、部品やスイッチの浮遊容量によるものと思われます。

メーカー機を参考に、RF の電源電圧をボリューム(VR)でコントロールしました。FCZ 誌によると+20dB ~ -160dB の増幅&アッテネーター(ATT)としてはたらくようです。2SK439 を使った場合、耳実測(V7.4 以降のスーパーヘテロダイン Rx で実験)で「1V 以下：不感 / 1 ~ 4V：ボリュームの位置によって感度変化を体感 / 4V 以上：感度変化をあまり感じない / 9V：他より明らかに感度が良い」でした。

##### ①高周波増幅(RF)

2SK439 には入力 3pF、出力にも若干容量があります。同調回路のコンデンサはコイルの種類によって異なり、FCZ07S144：in3pF、out5pF / アイテック LA144：in4pF、out5pF で同調しました。VHF 帯では配線による浮遊容量も無視できず、Cut & Try が必要です。

電源のデカップリング回路は必要です。ボリュームまでの配線が長いと発信しやすくなります。×デカップリング回路のコンデンサーの容量を大きくして電源のインピーダンスを下げてやれば安定しますが、感度の変化がもたつき不採用 ○ボリューム側の電源に 100  $\mu$  F を配すると安定しました。◎2SC1815 を 2SK439 の直近に配すればベストです。バイパスコンデンサーは VHF 帯で 0.001 ~ 0.01  $\mu$  F、HF 帯 0.01 ~ 0.1  $\mu$  F、AF 帯 0.1  $\mu$  F が目安で、様々な回路に使用されます。

RF 段に直接アンテナ等を接続する場合、負荷の影響を受けて発信気味になる場合があります。入力同調回路に並列に(2SK439 の G) 10k  $\Omega$  のカーボン抵抗を接続して同調回路の Q を下げると安定します。(同調範囲が広くなってしまい、ピークがわかりづらくなる)本機の場合、前段に 50  $\Omega$  -3dB の ATT を配したので、この心配は無くなりました。

##### ②ゲインコントロール(Gain)

2SC1815 の B 電圧を変化させて RF 電源電圧を制御する方法は FCZ 誌に発表された回路です。メーカー製の中を除くと 5k  $\Omega$  B 型ボリューム抵抗(VR)から直接 RF 段へ給電していますが、追試の結果 VR の位置によって RF 段が謎の発振することがありました。V4.95、V7.7 以降は 2SC1815 を使っていてトラブルはありません。操作箇所を少なくするためスイッチ(SW)付 VR を採用、「SW 付 10k  $\Omega$  A 型 VR」しか入手できませんでした。A 型は「抵抗値 R-回転角  $\theta$ 」が 2 次曲線の関係で、直接使用するとダイアル回転のほとんどが高感度か不感で、アッテネーター(ATT)領域がわずかで使い難いです。1 ~ 4V 領域が回転角の大半になるようにすると使いやすく、実験の結果、「1k  $\Omega$  でつり上げて、SW\_ON のときに最大感度」となるよう通常と逆配線すると 10k  $\Omega$  C 型?となって多少使いやすくなりました。入手できる部品で Cut & Try ! 競技中バテて思考が鈍くなると、感度ボリュームの位置がわからなくなります(小生だけボケてる?)。対策として赤色 LED の明るさの変化でわかるようにしました。以前に距離メーターや距離 LED 点灯装置を実験しましたが、LED は炎天下では見えず、頭がぼけて計器走行できず・全部廃して、「周囲を見ながら音の強弱だけで判断」する方式に変更しました。

#### (5) **アッテネーター(-3dB 50 $\Omega$ ATT)** & **バラン(Balun)**

①「-3dB  $\pi$  型 50  $\Omega$  アッテネーター(ATT)」です。Mizuho 機のフロントに入っており、何でわざわざ感度を落とすのか疑問でした。「ATT を取ると感度が上がるよ」とのアドバイ

スも何度かいただきました。以前に製作したスーパー方式の受信機で比較実験したところ、Tx に接近していくと、ATT が無い場合は S メーターがすぐにフルスケールになってしまい、感度調整が頻繁に必要になります。ATT を挿入した場合(スイッチではなくハンダ付け)フルスケールになるまでもっと接近でき、メーターの距離表示範囲が広がります。弱い信号はほんの少しだけ減衰、強い信号は大きく減衰。引き算ではなく「比」のようです。SWR も一定値以内となり、アンテナの影響も受けにくいのか回路動作も安定しました。「ダイナミックレンジが広がる」と表現して良いのでしょうか。入れる価値あります。②バラン 放射器(Rad.)がどちらも GND から浮いて平衡となるため、ビームの偏りが非常に少なくなった感があり、寸法通りにアンテナを作れば再現性が良好です。

詳細は『§ 4 アンテナ (3) 八木アンテナ』

(6) 使用感 2024 阿賀野大会で実験。3ele 八木一体型だと全 Tx が常に聞こえるが、遠くの Tx は蚊の鳴くような音量 / 2ele だと 2 ~ 3 個の Tx が聞こえ、1 つ Get すると隣の Tx が強く聞こえてくる感じ。順番に探索し 4 つ Get できた。ビーコンの混信は 200m 以上離れると探索に影響無く、400m 以上では皆無。

---

## § 4. 144MHz ARDF\_Rx ②スーパー方式 V7.7

(0) 回路構成 / 2 ~ 3ele 八木一体

受信周波数 145.65 ~ .68MHz · 145.78MHz / IF フィルター ± 7.5kHz / (A1A、A2A、F2A)

(3ele+Balun) 10dB + (RF) 20dB + (Mix) + (10.7MHzXF) -6dB + (TA7358) 34dB + (AF) 46dB  
(VXO\_15M × 9=135MHz) ———↑ 10.7MHzDC 受信

自作 10.78XF をやめ、市販 10.7MHzXF に。15MHz 水晶では連続受信できなかったため切替式。素直な回路構成に。

(1) 局部発振(OSC)\_15MHz × 9=135MHz 帯VX0

V7.5までは10.78MHzの水晶フィルターを自作し、15MHz × 9 = 135MHzのVX0で競技周波数からビーコン周波数まで連続受信ができました。10.78MHz水晶の在庫が尽き、今回は市販の10.7MHzXFが手元にあったため、IF10.7MHzとした。連続受信できないため、145.78MHzは水晶に10pFトリマー / 145.65 ~ .68MHzはコイルとポリバリコン、スイッチ切り替え式とした。

(2) 10.7MHzDC (TA7358)

FM ラジオのフロント(初段)用 IC。RF、Mix、OSC がパッケージされており、34dB の利得。混合(Mix)回路のバランス(平衡度)が良く定評。10.7MHz の DC として使用。

V7.4までは中間周波数(IF)増幅に2SK439を外付けし、RFと共にゲインコントロール

V7.5では2SK439 + TA7358内部のRF、中間周波数(IF)増幅2段。感度は非常に良いが、ノイズが少しうる構成であった。

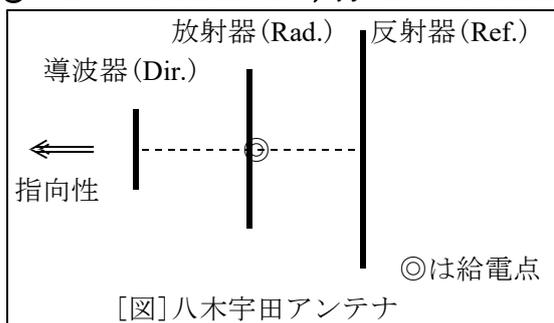
V7.7ではA7358内部のRFを中間周波数(IF)増幅1段とした構成。10.7MHzのFCZコイル(2次出力側のインピーダンスが少し高い)を多用した。以前FCZ14MHz + 120pFで代用したが、今回の方が感度が良い。

(3) その他

当初 RF と Mix 回路の電源電圧を制御してゲインコントロールとした。Mix 段のコントロールは減衰量が大きく ATT としてのはたらきが良かったが、Mix 素子の発振が頻発したため Mix は定電圧とした。RF 段のコントロールだけで接近戦で実用性を確認。簡易回路では、RF、Mix 段とも 9V とした方が若干感度が向上した。

(4) 使用感 2024 阿賀野大会で 2ele 八木一体型で実験。常に全 Tx が聞こえ、ビーコンの混信もない。

## § 4 ARDF 用 145MHz 帯アンテナ



左図は日本が世界に誇る、八木宇田アンテナです。「放射器(ラジエーター)から出た電波は後方の少し長い反射器(リフレクター)で反射され、前方の少し短い導波器(ディレクター)でビームが絞られて指向性が出る。」(受信の場合は可逆)と Ham のテキストで勉強した記憶がかすかにあります。

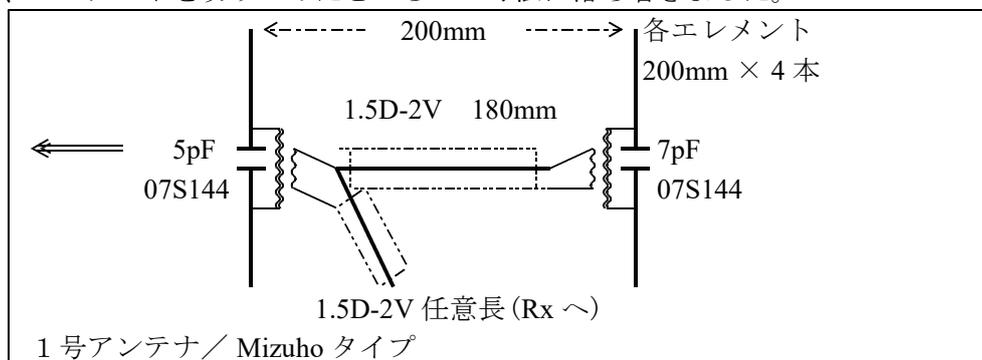
ところが良く観察してみると、

アイテック純正 2ele アンテナは反射器がなく導波器のみ?、Mizuho 機の 2ele アンテナは 2つのエレメントに同時給電、なんでビームが出んの??…倉庫にあった古い市販の八木アンテナは、マッチです。300m 先に Tx を置いて試したところ、ほんのわずかにマッチングセクション側に指向性がずれていました…。アンテナがほしい!実験です。

### (1) Mizuho タイプ/短縮 HB9CV (実験 1 号アンテナ 2007)

① 同調回路を入れてエレメントを短縮した、HB9CV 系のアンテナのようです。同調回路に 07S144、エレメントにワイパー内のステンレスブレード、フェーズラインに同軸 1.5D-2V (300 Ω の TV 用平行フィーダーで構成すると、接近戦でサイドからの信号に弱く BF) を使用しました。

調整: ※信号を受信し、「前方の感度最大、アンテナアナライザーで SWR 最小」となるよう、コイルのコア調整を繰り返します。当初はもっと低い周波数で SWR 最良となったため、エレメントを切りつめたところこの寸法に落ち着きました。



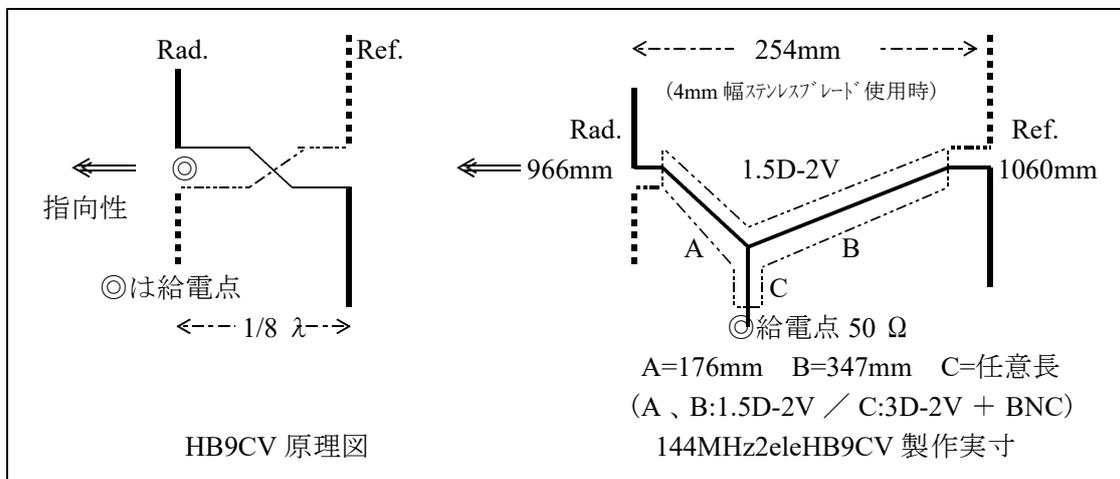
② 5本ほど製作しましたが、実に小型で平地での探査には全く問題がありませんでした。しかし山間部での試合結果が出ず、校舎の壁のような切り立った場所からの反射波と直接波の区別ができませんでした。使用を断念して別アンテナの検討に入りました。

※調整方法に決定的な誤りがあったことが後日判明しました。受信専用なので SWR は無視し、フロント最大・バック最小となるよう何度も調整を繰り返します。このタイプのアンテナは FCZ 研究所により研究開発され「Fox ハンター」の名でキット化されておりました。今回の寸法や部品の値は、動作原理がわからぬまま我々が勝手に解釈・決定して実験たものです。本文は Mizuho 機・FCZ キット本来の性能レポートではありません。ちゃんと勉強せねばなりませんネ・反省。

## (2) 2eleHB9CV / 送受信兼用

(実験 2 号アンテナ 2008)

①フルサイズの HB9CV です。「放射器 (Rad.) の給電点から  $1/8 \lambda$  後方のエレメント (正確性を欠くが、反射器 (Ref.) と表記) に電気長  $1/8 \lambda$  ( $45^\circ$ ) 遅れた信号を  $180^\circ$  反転させて給電」…位相差  $135^\circ$  進?  $225^\circ$  遅? …

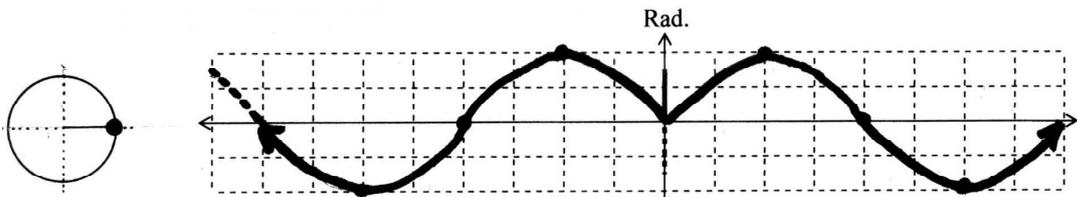


各エレメントの給電点を約  $25 \Omega$  とすると、ブーム長がナロースペースになるそうです。ブームに塩ビパイプ、エレメントは RV 車用の幅広ワイパー・ステンレスブレードを使用しました。エレメント間隔は物理長  $1/8 \lambda$ 、フェーズラインの長さは位相差を確保するため電気長  $1/8 \lambda (= 1/8 \lambda \times \text{短縮率 } \rho)$  で一致しません。万策尽きてネット検索したところ、JRINNL 後藤 OM のホームページに解決策がありました。50  $\Omega$  の同軸ケーブルを使い、位相差と 25  $\Omega$  へのマッチング、長さの問題を同時に解決されています。ホームページの表に周波数を入力すると、マッチングセクションやアンテナの寸法が自動計算されます。  $1/4 \lambda$  のマッチングセクションを応用しているようです。

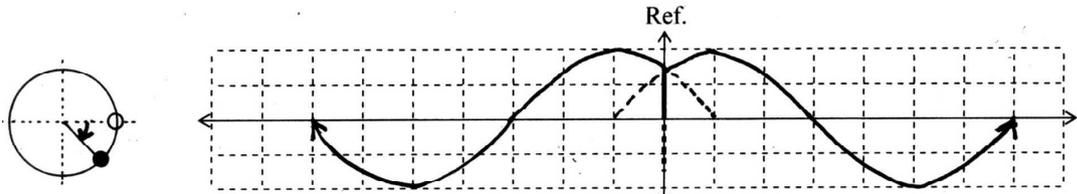
製作は左右対称を心がけました。当初、同軸の  $1/8 \lambda$  をアンテナアナライザ MFJ-269 を使って測定していました。実測短縮率は  $\rho = 0.64$  前後? いくつかの変換コネクタを経て測定ケーブルにつないでおり、VHF 帯では何処から何処までの長さを測定しているのか自信が持たなくなってしまいました。最終的にはカタログ値  $\rho = 0.67$  を使い、ホームページの寸法を採用しました。調整はエレメントを少し長めに作っておき、SWR 最小となるよう、4 端を均等に詰めて行きます。もちろん ARDF、送受信兼用アンテナです。

## ② HB9CV 動作原理

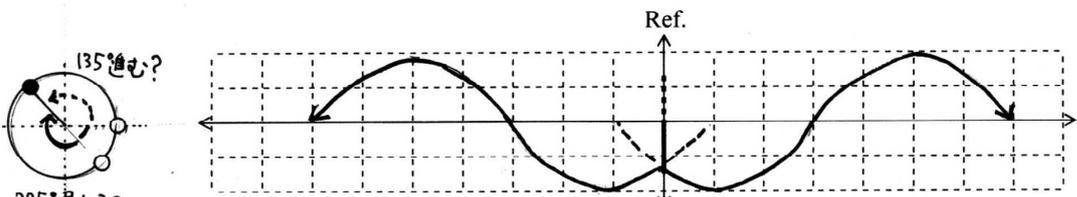
動作原理が全くわからないまま使うのが悔しいので、皆で調べてみました。専門書ではベクトル図で説明されていますが、頭にイメージできません。以下、「高校物理\_波動」での解釈です。キーワードは「位相」です。



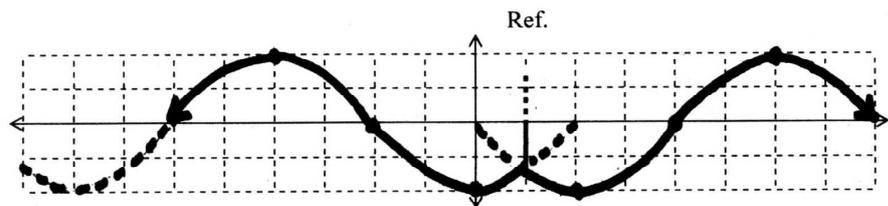
(a) Rad.からの放射。無線機からは直接 Rad.に給電。



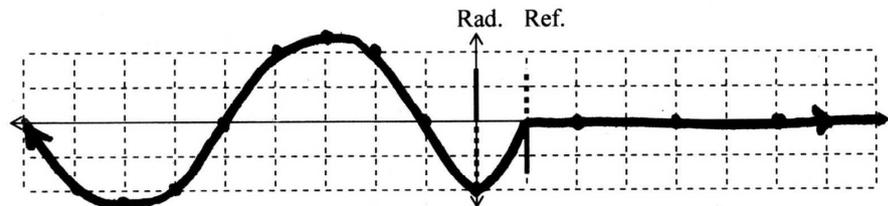
(b) Rad.から電気長  $1/8 \lambda$  のフェーズラインを通して Ref.に給電。Ref.は  $1/8 \lambda$  ( $45^\circ$ ) 遅れる。



(c) フェーズラインを逆に配線。Ref.の波形が(b)より  $180^\circ$  反転。 $(45+180 = 225^\circ)$  遅れる)



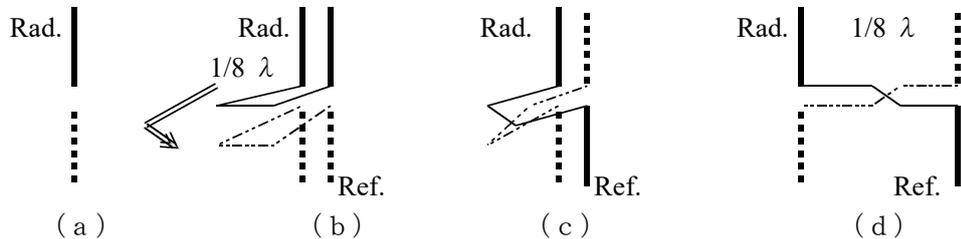
(d) Ref.を空間長  $1/8 \lambda$  後方へ配置。



(e) 波形(a)と(d)を合成。後方(図:右側)が打ち消され、前方(図:左側)に指向性。

HB9CVアンテナの動作原理

(以下の図、上記波形図の右側へ配置)



③使用感 反射波でも偏波の違いがはっきりと確認できます。建物や山からの反射波に迷った場合、アンテナを縦(垂直偏波)にして区別するのも一法ですが、水平のまま  $45^\circ$  上方に向けて方向探査をしてもはっきりと直接波・反射波の区別ができます。水工無線部員が発見したノウハウで、茨城県内各大会で確認済みです。標準アンテナとして 10 本ほど製作・使用しました。

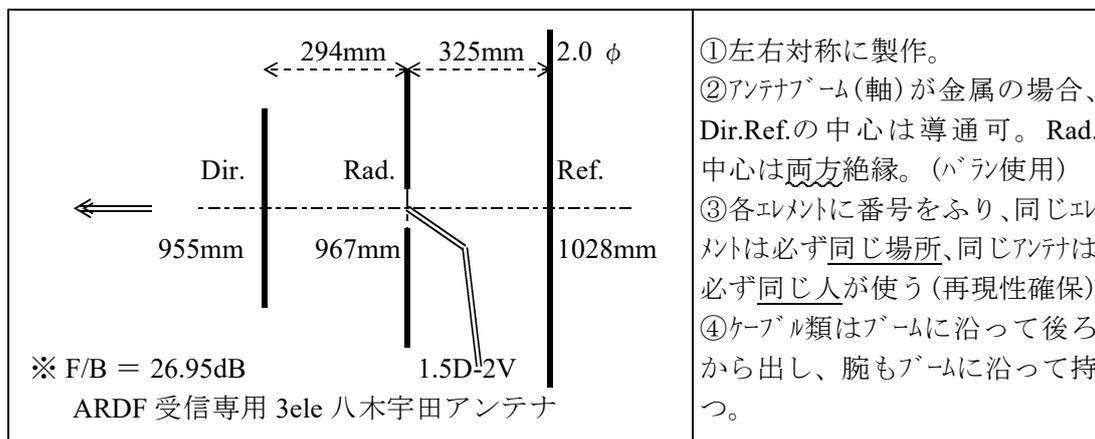
いたずら心で 3ele 化してみました。Rad.の前方 489mm の所に 828mm の導波器(Dir.)を

置きます。「!・・・」アンテナを小刻みに左右に振る必要がほとんど無く向きがピタリと定まります。しかし工作過程が複雑で重いのが最大の難点、大会での実験では脱水の体には何 10kg にも感じられました。2008JARL 茨城支部競技会に参加した折り、JH0HWC 丸山 OM からのアドバイス。「こりゃダメだね。受信用だよ、SWR なんか関係ないよ。アンテナのゲインも受信機が高感度だから気にしなくていいよ。FB 比に注目して作ってごらん。3ele だと 30dB 近くまでは行けるはずだよ。」部員一同、目から鱗！早速 3 号アンテナの実験開始です。

### (3) **3eleYAGI** (実験 3 号アンテナ 2009 / 2011 ~ 2eleYAGI)

①八木宇田アンテナ(宇田博士を忘れてはいけません!)の場合は給電は放射器 Rad. だけですが、Rad. から輻射された電波が近くの導体を誘起し、その導体から再輻射(HB9CV のようにあたかも同時給電されるがごとく)、位相差や強度が複雑に絡み合って一方は反射器 Ref.、他方は導波器 Dir. として働く・・・(混乱してきました)・・・要は間隔やエレメントの長さです。MMANA を使ってシミュレーションと実験を繰り返して、以下の値に落ち着きました。

Rad. の片側をブーム(アンテナ中央のアルミ材)と導通させると指向性が偏るため、Rad. 両エレメントはバランを介して GND から浮かせるようにした。 F/B 比のみに特化、エレメント 2.0mm φ



工作用角材に針金をテープで付けただけでも、ARDF に実用となるビームが出ます。

エレメントにワイパーブレードを使い、量産しました。先端にはゴム管やプラスチックビーズを付け怪我防止対策。対称性を確保してビームの偏りを少なくすることと DC 受信機からアンテナへの不要輻射防止のため、給電点にフロートバランを配しました。(実際には DC 受信機のアンテナ端子からの輻射はありませんでした。)

②**フロートバラン** : FB-801#43 に 0.2 φ ECW (最近ではエナメル線 ECW は無くなり、ポリウレタン線 PCW? だそうです)の「2 本より線」(2 本をドリルの先につけてネジりました)を 3 回巻き付けた物(穴の中に 3 回通す)です。

ワイパーブレード(ステンレス)を 4 φ 20mm 長ナットに 10mm ほどいれ、「ステンレス用フラックス」をかけ、間を置かずに「ステンレス用ハンダ」をあてて 60W 程度の半田ごてを使うときれいに加工できます。フラックスは酸?らしく、目に入らぬよう、また加工後のエレメントやハンダごての先端は水洗いを必要とします。いずれもホームセンターで入手可能です。

③使用感 3ele だとピタリと方向が定まるが、女子や中学生には大型で扱いにくい。Dir を外して 2ele としても実用範囲

## § 5. 歴戦の跡 —受信機開発実験の足跡—

### ① 2007～JA1YDZ / 茨城県立水戸工業高等学校無線部 編 (卒業レポート抜粋)

水戸工業高校は 09'に創立百周年を迎えた昔ながらのバンカラ気質の残る物作り高校です。数少ない女子生徒が建設重機や測量板を操り、片や C 言語について語り合う。実習の時間にはエンジン付きソファが校内を走り、プロの世界でも配線の神様と呼ばれている爺様(失礼！先生です)が平気でその辺を歩ってます。我が無線部は、屋上の朽ち果てた 3 本タワー(2024 現在撤去済)が過去の栄光を語るのみ、門をたたく生徒は 3 年に一度、黄昏の状態が続いておりました。

茨城県内各校では情熱的な先生方が多く、ARDF がとても盛んです。水工も 6 名の有志を得て 3 年前に参戦しました。電気科の部員不在、生徒・顧問とも素人です。きっかけは茨城高文連の競技会、上位 3 位以内が新潟県阿賀野へ行けます。ルールを全く解していない小生は Tx 審判を拝命し、公衆便所の中へ Tx を隠してしまいました。選手達は皆首をかき上げて通り過ぎて行きます。さすがに上位常連は一発探査、ハンカチで手を拭いたりベルトを締めながら Tx なんかないようなそぶりが出てきます…。ARDF なんかにやったら友達なくすぞ、と駆け引きの妙技に感心しておりました。我が部員達は先入観が全くありません(ルールを知らない!)、次々に探査して入賞?特例ローカルルールとして阿賀野を経験させていただきました。茨城高文連の懐の深さに感謝。全国レベルを間近に見て大いに発憤、文献をあさって片っ端から製作(電界強度計、ATT 付トランシーバー、AM 検波、超再生、DC、スーパー+AM ラジオ IC、HB9CV…)実験、高文連や JARL 茨城支部の大会で実証、改造を繰り返してきました。

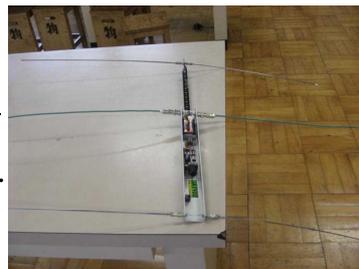
知る人ぞ知る世界、後発組は情報収集が困難です。大会に参加するたびに、気難しそうな OM さん達が便所に行く間「それっ!寸法はかつちまえ」「メジャー忘れたっ」「第一エレメント、ボールペン△本!…」無茶苦茶です。試合後に勇気を出して話しかけると、どの OM も懇切丁寧にアドバイスを下さいました。あとは CQ 誌や文献を教科書に実験、次から次へと課題山積でしたが、無線部諸君の情熱!技術は人から人へ、作り続けなければ伝承されません。物作りはやっぱり楽しいです!! 遅ればせながら、ご教授頂いた方々、大会を運営してくださった方々、回路を発明・発表して下さった方々すべてに部員・顧問一同心から御礼申し上げます。

2010.吉日



2009in 阿賀野\_小田・折笠・小松・生田目・時田・生田目

144MHz →クリコ→ AM ラジオ IC  
09'全国高校 ARDF 大会仕様。  
Tx 5 個発見するもタイムは…  
Ver. AGANO09'



### ② 2011～14 JA1YEF / 茨城県立日立第一高等学校 物理部 編(活動記録抜粋)

SSH(スーパーサイエンスハイスクール)指定校です。様々な大学や研究機関を訪問させていただいたりご教授いただいたり…お茶のみ話で話を聞くと、大学の教授や研究機関の研究員の皆さんはほぼ例外なくコールサインを持っておられました!電波の不思議に魅せられた元電波少年(現、爺)達です。物理部を復活させたのは文系女子 2 名!! 学校での練習(F2A 又は A1A)や大会(A2A)でも使用できるよう実験の末「RF + Mix + 10.78MHz 自作フィルタ+ DC / 135MHzVXO」に決定、人工衛星を造る名目でエッチング等の基板化材料を購入できた(SSH!実際に人工衛星もどきを製作し、屋上から 3 ヶ月間ビーコンを発信)ため、女子

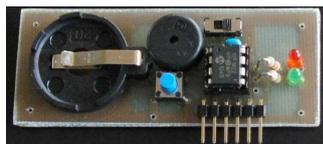
用の大幅な小型軽量化と量産化に成功。左利き用などの変遷もあったが、現在まで続く基本回路や八木アンテナはここで基本形が固まった。

物理部では基板を改良して 53MHz 帯流星観測装置を開発。福井高専が発するビーコンの、上空 100km 前後を通過する流星痕による反射波受信に成功した。その後、「大雨で猛烈な雷」の発生と流星観測装置の反応が同期する事を発見、高層上空で電離現象が発生しているためと仮説、スプライト(雷が宇宙空間へ放電する現象)検出装置としての可能性を研究発表したが理解を得られず・・・

2013 女子の部で阿賀野に参加、現方式の実用性を確認するとともにさらなる課題・・・

2014 茨城総文祭にて全国大会を誘致、参加することができた。総文祭では「製作交流会」を担当し、プッシュスイッチからモータ信号を打ち込むと流行歌や CW で ABC の歌を歌う PIC 回路をキット化して提供した。(PS.遠足で県内の「予科練記念館」を訪問した際、「電信って何？」同世代の若者が特攻に出ていることにショックを受けていた。CW を世に知らしめるべく物理部開発プロジェクト始動。吹奏楽部出身の部員が石碑の音階を採ってプログラム。交流会で配布した基板に、Y や X を打ち込むと「予科練の歌」や「敵空母見ユ、我突入中」の最後の電信音が鳴る・・・)目標を定めると、自ら調べ、行動する生徒諸君の姿勢に大いに感動した。受信機開発が(わがままいっぱいを採用して)大きく進化した。

2014.吉日



2014PIC\_CW オルゴール



2014 茨城総文祭



2013in 阿賀野\_原野・滑川

### ③ 2022 ~ 24 JA1YZT / 茨城県立太田第一高等学校 物理部 編(活動記録抜粋)

ローカルや OB 各局のご協力もあってコールサインを復活。火薬式のモデルロケット開発を中心に活動。「無線」への誘導(?)のため ARDF へ参戦した。「2024\_19th 全国高校 ARDF 大会(新潟県阿賀野市)」へ中高部員全員が参加する機会を得、急遽不足分 4 台の受信機製作に迫られた。入手困難な部品も多く、汎用部品や手持ちの部品でできるように「回路の簡素化」に挑んだ。「DC 型」と「スーパー方式」の 2 種類を製作し大会で検証した。

各校生徒諸君の情熱・工夫・実験・必要に迫られて進化した末の、今回の素人田舎回路。生徒諸君とともに習い覚えてきた回路や部品のノウハウを記したため大変くどいレポートとなった。阿賀野に連れて行ってくれた部員諸君に、阿賀野大会でも様々なノウハウを教えていただいた OM 諸氏に、大会を主催されている方々 特に JF0FDT 佐藤 OM に、心から感謝申し上げます。工作や改造好きな生徒諸君の参考の一助となれば幸いです。



2023in 水戸森林公園



2024in 笠松運動公園



2024in 新潟県阿賀野市

岩田・金森・中山  
・岩間・内桶  
・森藤・澤畑  
重中・t・富田  
・藤島・梅原  
・井川・関山

2024.7.28

## § 6. 参考資料

- ①「**The FANCY CRAZY ZIPPY#117~#300**」(FCZ 研究所)JH1FCZ 故・大久保忠 OM  
ARDF や QRP 機器の開発記事満載のミニコミ誌。2001 年に惜しまれつつも終刊となった。続刊が「Cir\_Q」としてインターネット無料配信された。何度読み返しても新発見あり！開発過程や失敗談が詳細に記されており、Cut and Try!の真髄、我が部のバイブル。また JA0AS 故・清水 OM 考案の「スーパー VXO」についての記載も参考となった。(本文中では「FCZ 誌」と表記)、 廃刊。  
2SC1815 を使った Gain コントロール、給電点に同調回路を入れた短縮アンテナ、NE612・・・他、ARDF に関するアテナイ満載！V0 電界強度計(FOX チェイサ)、V1 アッテネーター+トランジスタ、V2 ミズホ回路のまね、V3AM 受信回路、V4DC・・・開発の情報はここから
- ②「**ランド方式で作る手作りトランジスタ入門**」(CQ 出版社)JF1RNR 今井栄 OM  
「QRP 機器の自作を始めよう」(CQ 誌/2004.9 ~ 2005.9 連載)に加筆出版、シンプルな基本回路を組み合わせて送受信機を構成。  
V6/V7 スーパー受信機、RF,AF,VXO、クリスタルフィルタ等-回路情報はここから
- ③「**電子工作を始めよう**」(CQ 誌/2007.1 ~ 2009.12 連載) JF1RNR 今井栄 OM  
V5 超再生受信機・・・回路情報はここから
- ④「**トランジスタ製作入門**」 (CQ 出版社)JA7CRJ 千葉秀明 OM
- ⑤「**トランジスタ製作入門 / AM・SSB 編**」 (CQ 出版社)JA7CRJ 千葉秀明 OM  
回路の動作原理や部品の値の決め方が詳細に解説されている。企業秘密とも思えるノウハウを惜しみなく公開。(アテナック電子研究所)  
VHF 帯の VXO、発振防止などの情報はここから
- ⑥「**QP-7+DC 受信機**」 (CQ 誌/1997.3 記事)JJ1GRK 高木誠利 OM
- ⑦「**FRX-2001 マニュアル**」の回路図 ミズホ通信(株)JA1AMH 故・高田継男 OM
- ⑧ JR1NNL 後藤 OM のホームページ(コールサイン、又は「HB9CV」で PC 検索)
- ⑨「**トロイダルコア活用百科**」 (CQ 出版社)山村 英穂 OM
- ⑩「**MMANA**」アンテナシミュレーション・フリーソフト
- ⑪「**ハムのトランジスタ活用**」 (CQ 出版社)JA1AYO 丹波一夫 OM  
40 年以上前のラジオ少年(爺)達のバイブル。
- ⑫「**CQ HamRadio**」「**モバイルハム**」「**初歩のラジオ**」「**ラジオの製作**」の製作記事。  
以前引越しの際に数十年分の製作記事切抜きファイルを紛失してしまい、出典を正確に明記できない。記事を發表された OM 諸氏に御礼申し上げます。
- ⑬各大会で OM 諸氏、他校の ARDF 仲間から貴重な情報を伝授していただいた。

- 部品調達先 ー地元老舗は技術指導やノウハウのおまけ付き！ー
- 通 販：\*秋月電子通商 (コネクター、スイッチ等)  
\*サトー電気 (IC、X'tal、電子部品)
- 地元店：\*コスモ電子 (水戸/コイル・Tr 等、電子部品一式)  
\*常磐電気商会 (日立/FCZ コイル、電子部品、回路指導。 廃業)  
\*茨城トヨタ常陸太田店 (ワイパー内ステンレスプレート、無償供給 TNX !)

物忘れと乱視が進み電子工作が困難に。Finalレポート・・・TNX FB ARDF CU AGN 88 ES 73  
for 太田一高物理部/JA1YZT by 顧問:関山 JJ1TJK 2024.7.29