

## 「ど」真空管アンプの巻



おかげさまで、「とおるさん家」にはたくさんの(延べ人数で)お越しいただいていますが、DC プリアンプの改造以降さっぱり発展がなく失望されていた方も多いのではないかと思います。変なお話で、とおるさんの属する仕事分野は通信関係です。御存じの方もあるかもしれませんが、2000年後半以降、北米の過剰投資のアオリを食らってすっかり鳴かず飛ばずだったのがここへきて少し復調の兆しが見えています。と、いうわけで、本業が忙しかったという背景を説明。。。してもしょうがないですね。しかし、本業が忙しい時こそストレス解消のホビ一道、ってもんです。今回は「破戒」へまっしぐら。とおるさんは、エレクトロニクス工作とオーディオに目覚めた小学生後半からこのかた、いじったデバイスはもっぱらトランジスタとFET。これまで「ど」真空管アンプを一台も作ったことがないので、体力と根気のあるうちに一回はチャレンジしてみようと思いきりました。このところ、金田式 DC アンプやプレーヤーの表現する「みずみずしさ」に感服しつつも、えちそんさん以来 100 年以上の時を経て未だに多くの人を魅了して止まない「真空管アンプ」とは何者だ？というのが、今回のプロジェクトの基本テーマです。主に主要部品(トランスと真空管)の高価なこと、回路の B 電圧が数百ボルトを超え「危険」であるとの理由から、何となく尻込みしておりました。だったら、いまなお心臓に毛の生えているうちにトライしよう、というわけです。



今回集めたパーツ類を並べてみた様子です。現在のメインアンプ(UHC-MOS 使用 DC アンプ、50W 相当)とフェアな比較ができる、真空管ベースのパワーレンジは、「真空管効果」をひいき目に見て 20W 前後です。選択肢の中には 845 シングルとか、421 (5998)pp などもありますが、コストとその後の「いぢりやすさ」を考えた末 6L6GC プッシュプルによるステレオアンプを選択しました。KT88 と差し換えたり、UL 接続と三極管接続を変えてみたり、と色々楽しめそうです。回路はミュラード方式。雑誌「ステレオサウンド」の別冊に、上杉佳郎氏設計のアンプ製作集がありましたので、それを参考書として基本設計をまとめた(というより回路をデッドコピーした)ので、あとは主要部品の準備です。

1) 6L6GC は、ネットなどで調べると様々な同等管が入手可能です。今でもギターアンプに多用されているとかで、メーカーもお値段もよりどりみどり。秋葉原の「クラシックコンポーネンツ」にお邪魔して色々とお話もうかがいましたが、結局一番安いソヴテック製のマッチドクワッドを入手しました。ミュラード型初段回路に用いる ECC83/12AX7(1本)と、ECC82/12AU7(2本)については同じクラシックコンポーネンツさんでこれまた最安値の品種を選びました。

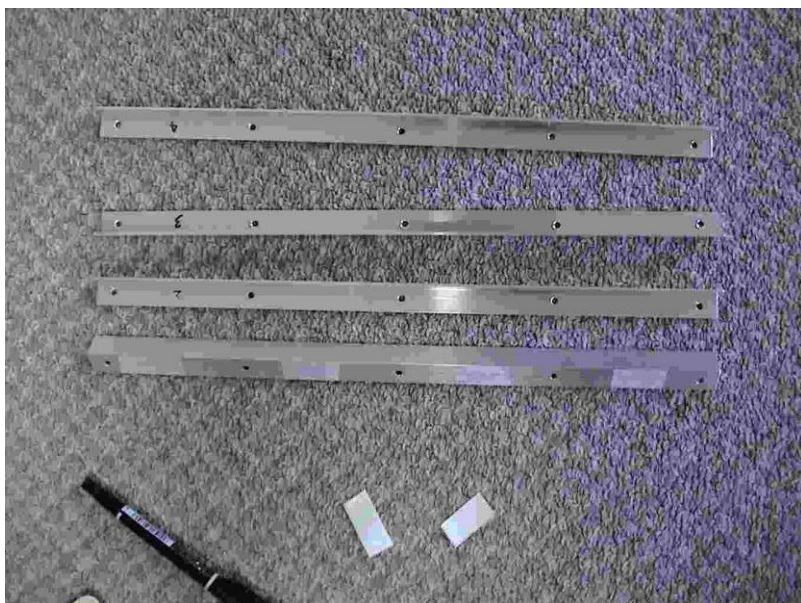
2) パワートランスは、DC で 250mA/450V 前後の物を、ネットオークションその他で探した結果、結局ノグチの PMC - 264M を選びました。リーケージフラックスの少ないショートリング仕様は必須と考えました。

3) チョークコイルは 300mA ハンドリングできるものを探しましたが、横浜の「ウエルカム」さんがヤフオクに出品していた SEL (菅野電気研究所) 製 5H/300mA 仕様の品物を買いました。

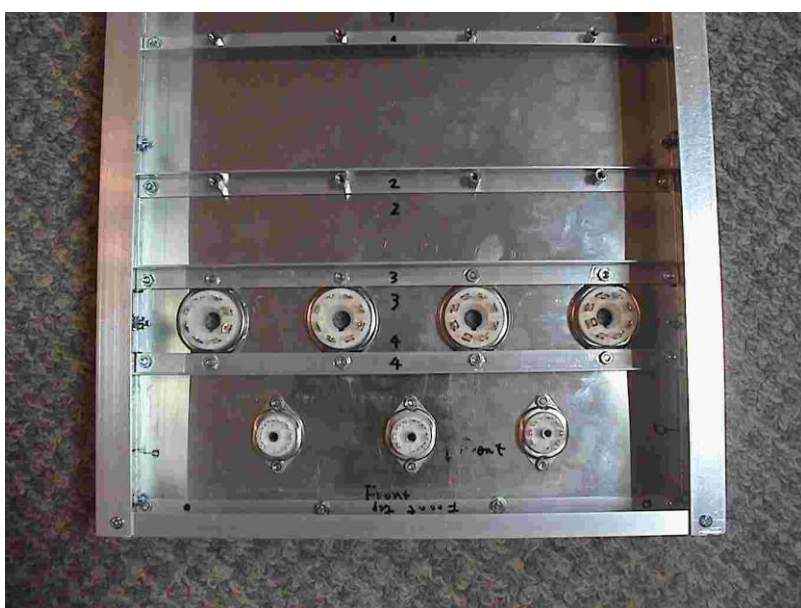
4) お次に悩んだのはアウトプットトランス(OPT)です。低価格と品質を両方ともそろえているもの、と思いましたが、こればかりは見当もつかない。もちろん、お金さえあればタムラのトランスや、TANGO 相当ブランドから選ぶのですが、奮発したら、それだけで結構スグレモノの市販アンプが買えてしまう。これはどうも納得が行かない。まずはコスト優先で、上記と同様、SEL 製「T-4730」を「ウエルカム」さんからペア購入しました。むき出しの EI コア型 50Wpp 仕様品です。1次側 10kohm-pp(SG タップ付き)、2次側 32-16-8-6-0ohm の端子を持っているので、2次側 16ohm 端子に 8ohm のスピーカーをつなげば、1次側のインピーダンスは 5kohm に見えます。「ウエルカム」店主に聞いたところ、854-pp などに使われるケースも多いが今までノートラブル、ノークレームだ、とのこと。まずはコイツに賭けることにしました。

5) 最終的に一番悩んだのはシャーシケースです。特注加工なんてもってのほか。コストもさることながら、途中で路線変更なんて自由度もないでしょう。大体とおるさんはいままで行き当たりばったりにやってきたし、その方が性にあってる。と、いうわけで、あっさりシャーシ自作の道を選びました。ただしコツはあります。穴開け加工の楽なアルミ 1mm 厚の板をトップとし、トランスや真空管ソケットの固定される部分にチャンネル材を渡して補強すること。ネジを多用し、各チャンネルとパネルをうまく結合すること。さらに無い無いづくしですが、設置スペースが幅 250mm と限りがあるため、部品配置は多少変則的となること。などなどの要件を盛り込んだら、上記の写真のようなレイアウトとなりました。縦長シャーシのフロントに、パワー管 4 本、初段管 3 本を配置し、シャーシの後ろ半分にパワートランスとチョークを配置しました。この配置でちょっと気になったのはパワートランスと左 Ch 用 OPT が近接することです。ハムノイズなどを誘導する可能性もありましたが、コアや巻き線の向きを考慮して対処することを試みました。

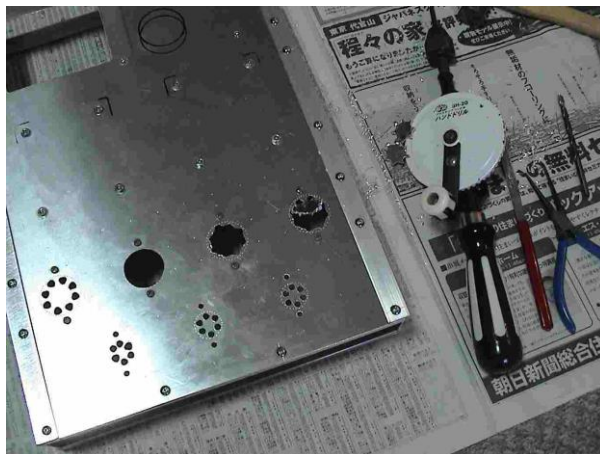
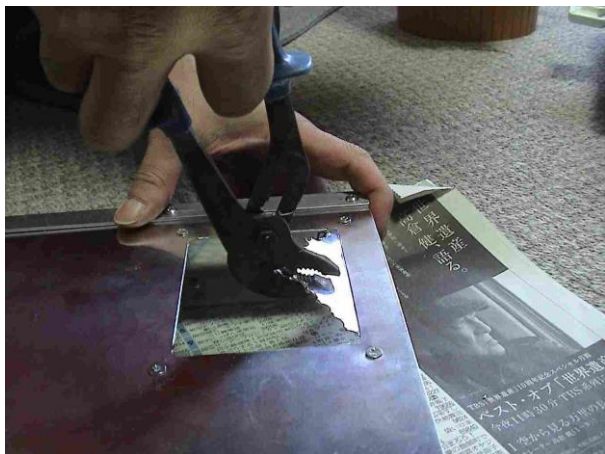
6) これはもう、どーでもよいこだわりですが、パイロットランプを「ウルトラマンのカラータイマーみたいなやつ」にしたかったのです。今風ならば、小口径の青色 LED などちょこっとあしらうのが上品かつオシャレですが、とおるさんはでっかいダイヤカットの赤いガラス玉を嵌めた、昔ながらのパイロットランプが懐かしくなりました。もう、「レトラジ」のノリです。ただし、入力回路に近接しているため、100V の配線が直接つながれるようなネオンランプは使えないので、結局パイロットランプの外側のみ利用し、中には白色 LED を入れました。ところでお好みのランプハウジングは、秋葉原を探してもなかなか見つかりませんでした。小物部品の世界もすっかり時代で変わってしまったということでしょう。昔からお世話になったラジオデパートでようやく発見。



シャーシ寸法は奥行き 350mm、幅 250mm、高さ 50mm です。このシャーシの骨組みとなる4本のアルミステー材。15mm x 15mm の L 型断面、厚みは 1.5mm、長さ 350mm にして4本切り出しました。長さ 1m の素材2本を東急ハンズで購入。切り出した余りから 250mm の長さのものがあと2本取れますが、これを使ってパワートランスを支える横梁とします。その他、OPT2個を支える横梁2本、GT 管ソケット4個を保持する横梁2本、フロント側の上下横梁、リア側の下梁、合わせて7本のチャンネル材(10mm x 10mm の L 断面、長さ 250mm)を用意します。



アルミ 1t のトップパネル(奥行き 350mm x 幅 250mm)と、同じくサイドパネル2枚(奥行き 350mm x 高さ 50mm)とを、先のチャンネル材4本を使ってつなぎ合わせます。さらに、パワートランスや OPT、GT 管ソケットなどの取り付けネジ位置に正確に合わせて、横梁となる補強材を配置します。これらの主要部品に合わせた角穴や丸穴を加工するのですが、そのコツは次に述べましょう。ここらへんは御存じの方が多いと思いますので、あくまでご参考まで。



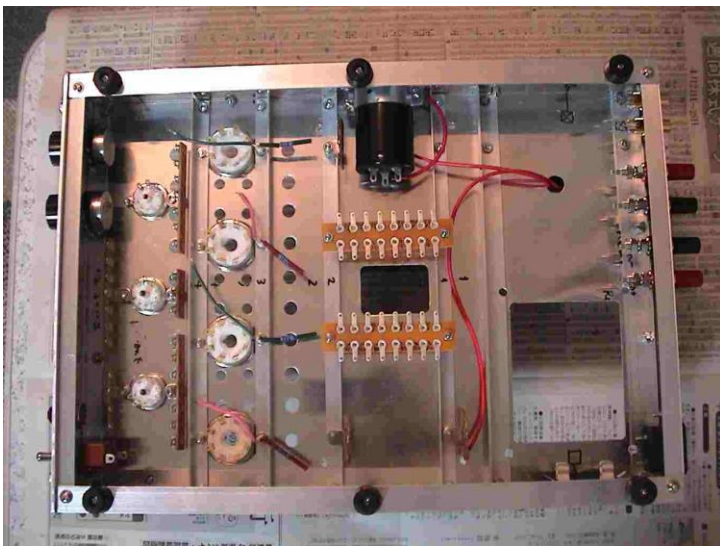
シャーシができあがったら、部品固定用の穴加工が待っています。トランジスタアンプでは電子部品をプリント基板に配置しますが、真空管アンプはシャーシ加工が命です。まずは重量級パワートランスの乗る角穴加工。約 90mm x 80mm の角穴をトップパネル上に採寸します。黒川達夫さんの記事にありましたが、パワートランスの下側カバーを外して、これで角穴とネジ位置を型取りすると簡単です。全ての加工を通じ、現物合わせが有効です。角穴の4角に接する形で 6mm 径のドリル穴を開けます。これをつなぐ4辺に、傷付け用カッター(アクリルカッターなど)で傷を入れます。加工する相手が 1mm 厚のアルミ板なので、5~6回深く傷を入れれば OK です。次に、対角線にそって、ドリル穴を連続して開けます。ある程度間隔をとらないと、ドリル刃が滑って隣の穴に引き込まれてしまいますので、あらかじめ一定間隔でポンチを打つことを勧めます。穴と穴の間をニツパなどで噛み切れれば、四角穴の対角線にそって X 文字の切れ目ができます。そこで、X 文字のまん中をヤットコなどで掴んで上下に何回か折り曲げれば、金属疲労でパキンと折り取れます。こうすれば、バリを取るための軽いヤスリがけのみで、きれいな角穴が開きます。(念のため、このテが通用するのはせいぜいアルミ 1.5mm 厚までです) お次は丸穴ですが、これはありきたりの方法です。内径にそって、6個か 8 個のドリル穴をあけて、間をニツパで噛み切った後、文字どおりシコシコとヤスリがけして仕上げます。丸穴の目標線をアルミ板にケガくのは、金工用のコンパスなどを持っていないと意外と難しいですので、ちょっと工夫しました。シャーシの穴位置寸法を記した型紙をあて、その上からクギとトンカチでポツポツと記しを付けて行くのです。金彫細工をやっているみたいで、なんだか人間国宝になった気分。それはさておき、上の角穴も丸穴も、加工するときにはあらかじめ用意しておいた横梁材をネジ止めしておかないと、ドリル穴開けやヤスリがけの時にトップパネルが凹んだり歪んだりしてしまいます。梁材をネジ止めしたトップパネルは思いのほか強固です。重いトランスを載せようというのだから当たり前ですが。。。



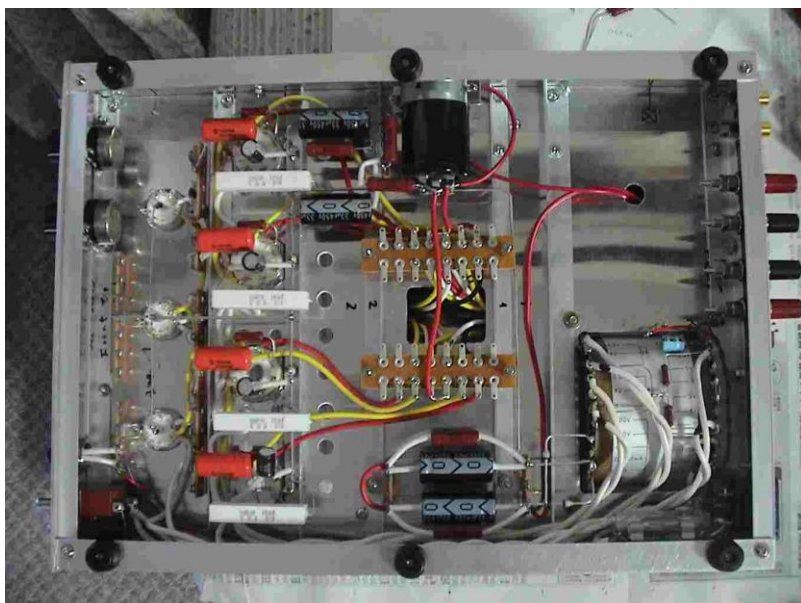
OPT は EI コア型で、配線引き出し用のラグ端子がむき出しです。ここには 400V 超の B 回線が直接繋がるので、このままでは危険。見栄えもあるし。高価なトランスはきれいな角形ケースに封入されていますが、もともとローコスト路線で来たんだし、トランスカバーも手加工じゃっつっつ！ てんで、またまた金物細工です。正直これは難しかった。紙の折り曲げ細工とはワケが違う。結構悪戦苦闘しました。組み上がると、各部の曲げ加工の不正確さが災いして微妙に歪んで見える。つまり、きちんとした直方体ではなく、ピサの斜塔みたいになっているということです。多少ネジ止めの面倒臭さはあっても、平板とアルミアングルを組み合わせて作るほうが正確に仕上がるでしょう。



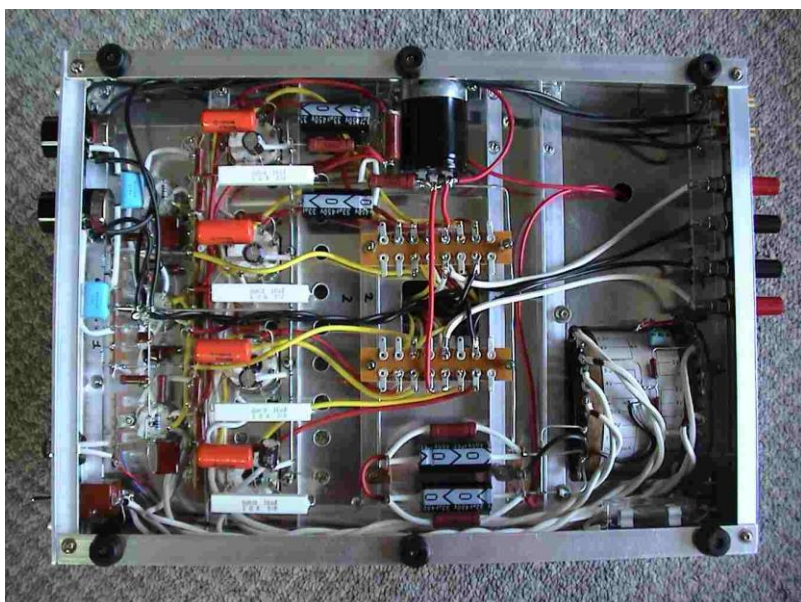
苦心の末出来上がったシャーシおよび部品仮止め状態。トランスのカバーが多少歪んだ他は、まあまあの仕上がりだと思ってます。フロントパネルは 2mm 厚のアルミ板です。ここにカラータイマー型パイロットランプ、パワースイッチ、音量調節用 VR2 個を配置しました。真空管の放熱穴は計 36 個開けたのですが、リーマーのあとバリ加工のためヤスリがけしたりしたので、手にマメができました。体力も根気も、ここらへんが限界だ。

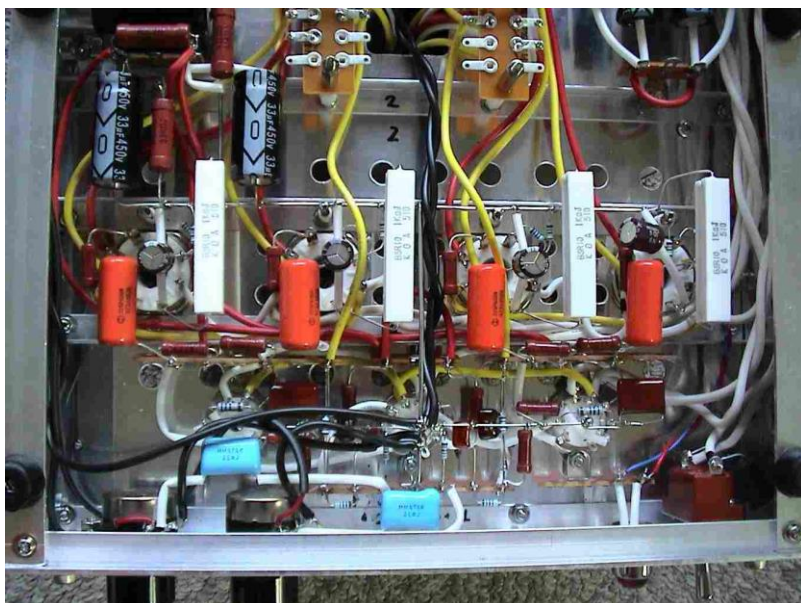


シャーシ裏です。パワートランスなど重量級部品をのぞき、2 個の OPT とチョークコイル、小物部品を実装した状態。これからいよいよハンダ付けとワイヤリングの嵐。その前夜の静けさですが、今度の連休に賭けていたため、何とか連休初日にここまで持って来ました。これからがお楽しみじゃ。



配線1日目。B 電源回路とアース母線、各管球へのヒータ回線(全て交流点火)を済ませたのち、OPT(出力トランス)からの引き出し線を平ラグ板に中継しました。さらに各パワーチューブ(6L6)のカソード抵抗とコンデンサ、SG 入力用抵抗、グリッド入力回路(カップリングコンデンサ、入力負荷抵抗、入力抵抗)を配線したところ。今回は無調整で動作する自己バイアス方式としました。写真中上の黒い物体がチョークコイル後の 100uF/500V の2次平滑用電解コン。OPT 配線引き出し穴(平ラグ2つ)をはさんで下側に見えるのが一次平滑回路です。33uF/450V を2個直列とし、高圧の整流波形にも耐えられるようになっています。整流用ダイオードは耐圧 1500V 程度の安価な汎用品。2次平滑コンのすぐ左横に見える3個の抵抗と2個のチューブラ型電解コンが、B2および B3電源用の分圧/分流回路です。トランジスタ回路にくらべ、平滑コンデンサの容量が一桁以上小さく、これで低音がでるのかいな?と思っちゃいます。





配線2日目。ミュラード型初段(双3極管3本)を仕上げて完了。入力VRやシールドケーブルも配線。初段回路は限られたスペースに、意外と数多くのCR部品を空間配置するので頭を使います。あらかじめ配線図と配置図をスケッチしておきました。ラグ板の端子数や、配置の仕方も本当はもう少し工夫したほうが良かったかな。。。さて、泣いても笑っても、あとは真空管を差し込んでスイッチを入れるだけ。今まで使っていたデジタルは300Vまでしか測れない。勿体無かったのですが、余分に出費をしてアナログ型の(昔ながらの)テスターを買いました。これで1200Vまで測れる。小数点何桁というような測定はできませんが、このほうが実感が湧くし、高圧回路に対する緊張感もまた格別！以下、確認と仕上げの作業記録です。。。

1)。。。とは言うものの、一応真空管ヌキでB電圧を当たっておこう。B回路に、測定クリップでテストのホット側プローブをつなげ、コールド側をアース母線にクリップしておき、スイッチON。無負荷なので、500Vくらい出る。チョーク後のコンデンサの耐圧一杯ですので、早々にスイッチOFF。

2) 6L6GCのみを4本、差し込んで再びスイッチ投入。自己バイアス抵抗(1kohm/10W、セメント型)の両端電圧を測ります。今回は、上杉センセ設計の回路定数で、プレート電流約40mAとなり、両端電圧は40V(4本、4ヶ所とも)になりました。スイッチオフし、6L6GCが冷えるのを待つ。

3) 初段回路用のECC83/12AX7(1本)と、ECC82/12AU7(2本)とを差し、再び電源投入。3極管6箇所(3箇所)のプレート電圧やカソード電圧を素早く当たる。テストのプローブが滑って、どこかの配線をショートさせたりすると、これまでの苦労が水の泡になる。。。指先に神経を集中。プローブ先端のみを露出させるようにテーピングしとくんだ。とりあえず各部電圧は全て大丈夫。

4) さて、ダミースピーカ(死んでも良いやつ)をつないで再びスイッチオン。ブーン、、、ってハムだわ。思わず汗が出る。ポリウムは目一杯絞ってあるはず。。。おや？ポリウムUpの方向に回すとハムが減る。しまった。。。入力のシールドケーブルを回転方向と逆につないだんだ。

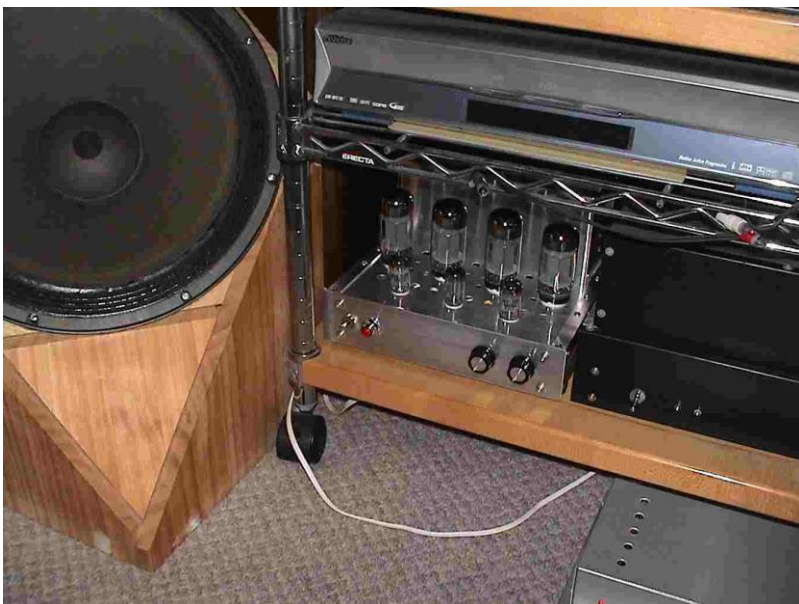
5) ポリウム回りを配線しなおし、もう一度。ポータブルCDから音声入力も入れてやって、スピーカーから出てくる音をチェック。一応、歪み、雑音ともなし。

6) こら辺で勢いづいて、メインスピーカーのネットワーク入力にできたてホヤホヤの 6L6pp アンプをつないでご試聴～♪♪♪  
♪♪ ややいややや！ 何たる低音のふくよかさ。チェロやティンパニーに弾力もある。なる程、これが「ど」真空管でありますか。

7) しばらくキモチ良く聴いていたのだが、何となくモヤモヤする。良く耳をすますと、ピアノシモの時にざわわ、と付帯音が聞こえる。38cm ウーハーに耳を近付けると、どうもハム音がする。左右で多少ハムの量も異なる。さらに時間をかけて聴いていると、どうやらハムノイズの量は増えてくる。聴き始めより確実に変わっている。内部のシールドケーブルの配線なども疑って多少手直したが、利き目は無い。経時変化がある、ということで、初段の管球を疑いました。特に一番トップの 12AX7/ECC83 が怪しい。幸い、ほんの数日前、実家の押し入れからせしめて来た、40年前の松下製 12AX7 があるぜ、と思い、何の根拠も無く差し換えたところ、ピタリとハムが無くなりました。「しめた！」というよりか、恐るべし、いにしえのナショナル、いや日本製真空管のクオリティ。当時の日本製真空管の方が、最近入手可能な中国／東欧製真空管よりも心持ちスリム。中身のプレート電極の背丈も若干高いし、ヒータの光り方もちょっと違う。それにしてもこんなにハムの出方が違うかしらん。気を良くして本格的にラックの下部に納めました。

8) さてと、しばらくは K 式 FET アンプに浮気をして、6L6pp としつぱり。。。とシャレこんで、お気に入りのアナログディスクなどを取り出しそそと早朝からのリスニング。最高の GW だわ。。。と思いきや、あれっっっ？？？？ 治まったはずのハム音が左チャンネルからブーンと。。。12AX7 を代える前程大きくは無いが、リスニングポジションで認識できるほど確実に出ている。変だなあ。やっぱり OPT の配置を間違えたか。ネットで調べると、パワートランスと OPT が電磁誘導で結合しスピーカー端にハムが乗るケースがあるとのこと。左側の OPT はパワートランスの真ん前にある。だとすると厄介だ。早速確かめよう、ってんで、初段球を全て抜いてスイッチを入れると、投入直後は無音だが、30 秒ほどして 6L6 があつたまってプレート電流が流れ出す頃にハムが左 Ch から出てくる。今度は、左 Ch の 6L6 を2本とも抜いて、同じ作業をくり返してみた。なぜだか、右側 Ch の 6L6 が暖まりはじめると、関係ないはずの左 Ch からハムが出てくる。なるほど、プレート電流が流れはじめるとパワートランスまたは整流回路から誘導磁界や誘導電流がリークし始めて、これが左 Ch の OPT に乗りはじめるのかな。。。と思い、まずは左 Ch の OPT の真下にある一次平滑回路の場所を変更してみようと考え、アンプをラックから取り出しにかかった。

9) 左側のスピーカーコードを外そうと思い、スピーカーのネットワークを納めたポリケースに手をかけたその時、フト気が付きました。ウーハーのチョークコイル(空芯タイプ)が、ラックのたな板をはさんでアンプの真下にある！これだ！ってわけで、ネットワークごとアンプから距離を放したらハム音は激減しました。まずは良かった。ここまで仕上がったアンプのシャーシ配置を変えるなんて考えただけでもウンザリです。いやはや、まずは良かった。





ラックに収まった本機。左側のウーハーに近接していますが、問題だったのは、このタナ板の下に置いてあったネットワークコイル類です。ウーハー用のコイルはサイズも大きく、誘導磁界を簡単に拾いそうです。



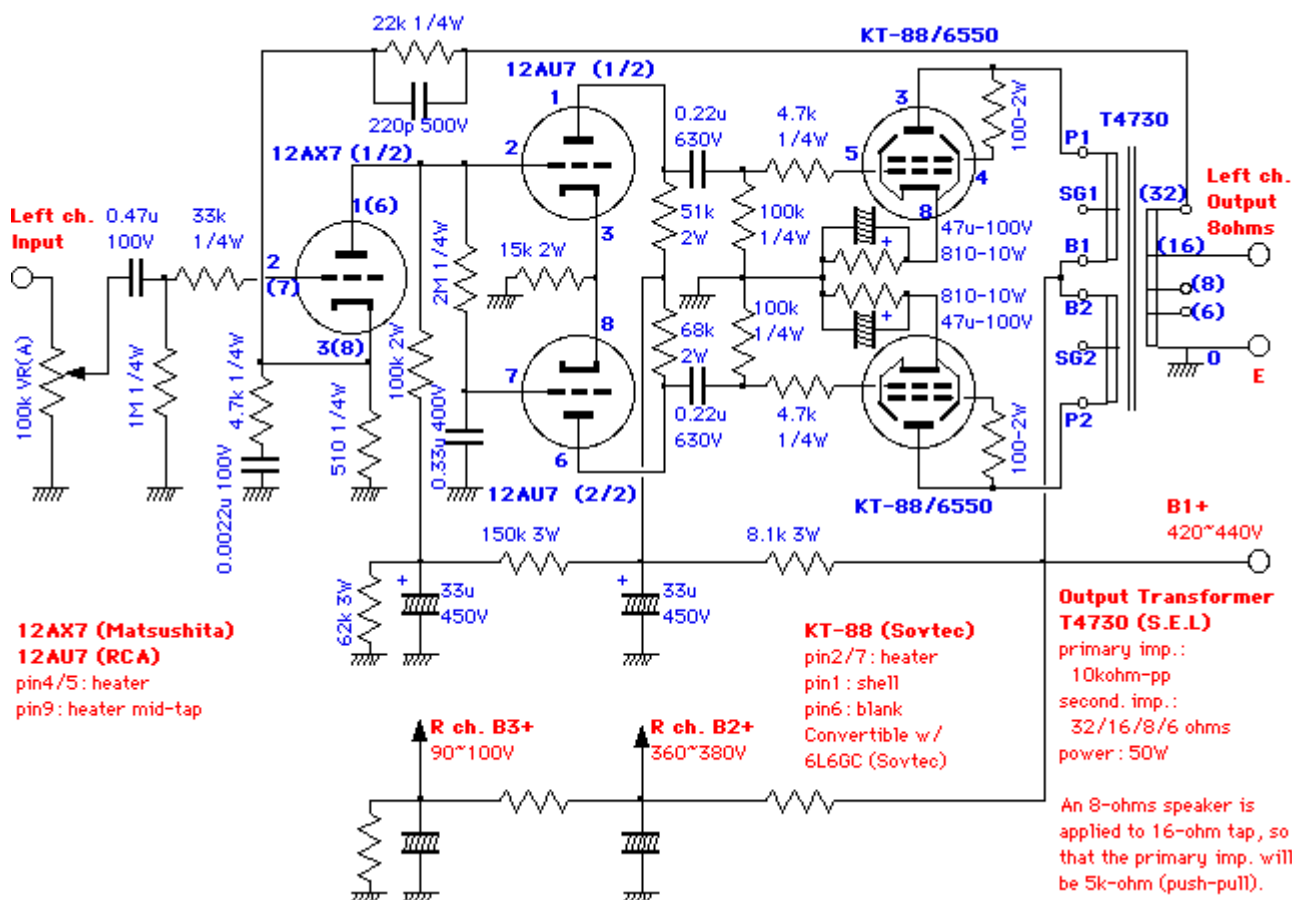
6L6pp アンプ全景です。今年の夏も暑い盛りになるころまでは、しばらくこのアンプで音楽を楽しんでみよう。まだあまり聴き込んでいないし、エージング発展途上だし、断言できませんが、どうもジャズのベースなどの再生が得意のようです。シンフォニーを再生した限りでは、ティンパニーなどの低音楽器の迫力が特徴的でした。全帯域にわたってホールを満たすような雰囲気再現が得意かどうかは、今後の評価を待って見ましょう。当方も、最近出無精のまま生演奏に接していないので、それも合わせて感性を高めて見ましょうか。。。 (Part 9 の終わり: 2006.05.07)

## KT-88pp に変身の術

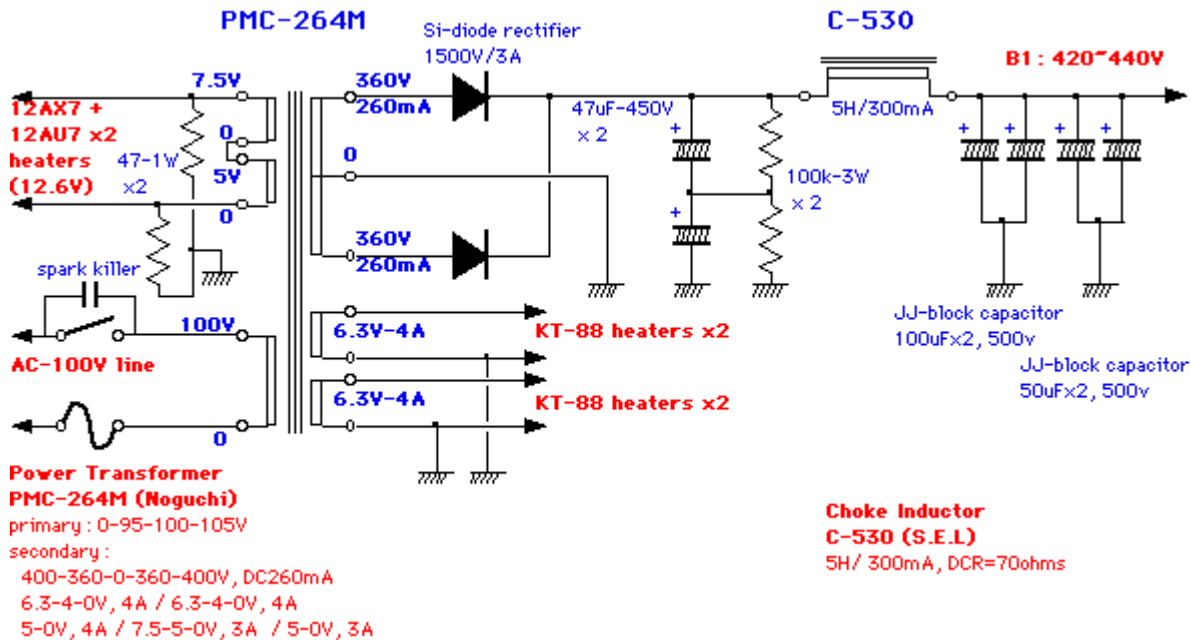


ソヴテックの 6L6GC をプッシュプル構成にして、5 月の連休以降小気味良いサウンドを聴かせてくれている「ど」真空管アンプですが、またまたおるさんの「いぢり屋」の虫が疼いてしまいました。「初歩のラジオ」などの製作記事で良く見かけた、あこがれの KT-88、またの名を 6550、をどうしても試してみたくまりました。パワートランスにはまだ余裕があり、KT-88 一本あたり 50mA ないし 60mA のプレート電流は流せそう

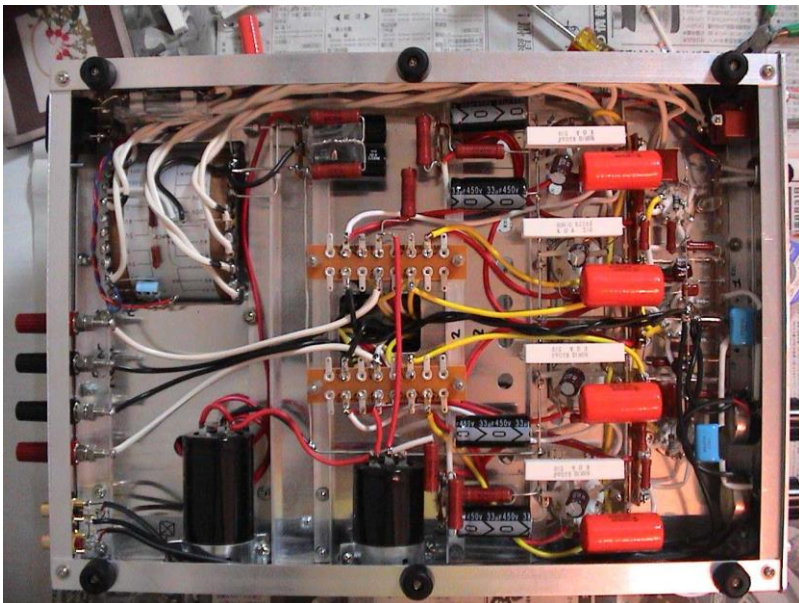
です。ヒータ回路も十分容量があります。KT-88 は、6550 も含めて色々なブランドのものが手に入りますが、ネットオークション他物色した中で、いわゆる「ダルマ型」バージョン(ソヴェック製)に目が止まりました。



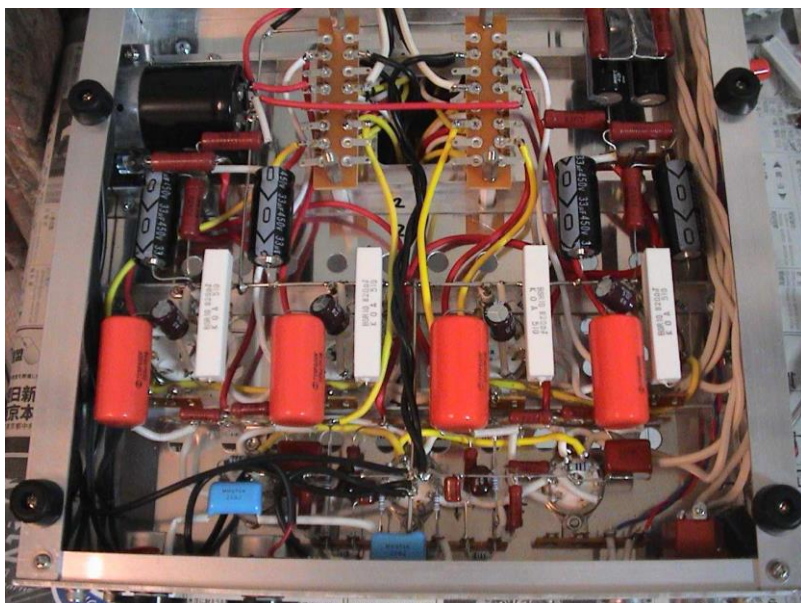
雑誌「ステレオサウンド」別冊の、上杉佳郎氏設計のアンプ製作集には、KT-88 プッシュプルを三極管接続し、ミュラード型回路で駆動するタイプのモデルも掲載されていたので、これを参考にしました。KT-88 は野太い低音と、バランスの取れた中高域に魅力があるのもつばらの噂ですが、これを目一杯体験したいため、電源回路を充実することにしました。まずは前段回路に B2 および B3 電圧を供給するフィルタを左右のチャンネルに別々に振り分けました。見かけ上フィルタコンデンサの値が倍増し、低音域のエネルギーを補い、かつ左右のチャンネル間の干渉も減るのではないかと期待いたしました。なおまた、今後の調整は必要かも知れませんが、各 KT-88 の入力に配したカップリングコンデンサの容量を 0.22uF に増やし、これも低音域の増強を図りました。さらに、KT-88 にももう少しがんばってもらおう、ということで、カソード抵抗(セメント型)を 1kΩ 10W から 810Ω 10W に減らしました。自己バイアス回路なので、多少乱暴な見積りでもおそらく大丈夫。改造後にカソード電位(810Ω の両端電圧)を測ったところ 40V 強でしたので、KT-88 のプレート電流は 1 本あたりもとの 40mA から 50mA に増えたようです。以上の手を加えたものが上記の回路図です。あくまでオリジナルは上杉氏設計の回路ですので、念のため。



上記は電源部の回路図です。ノグチの電源トランス PMC-264M の能力一杯に使ってやろうという考えで、ブロックコンデンサも一つ追加。フィルタ容量はもとの 100uF から合計 300uF に増やしました。今度めぼしが見ついたら、整流ダイオードも音の良いファストリカバリ型を試してみましょう。

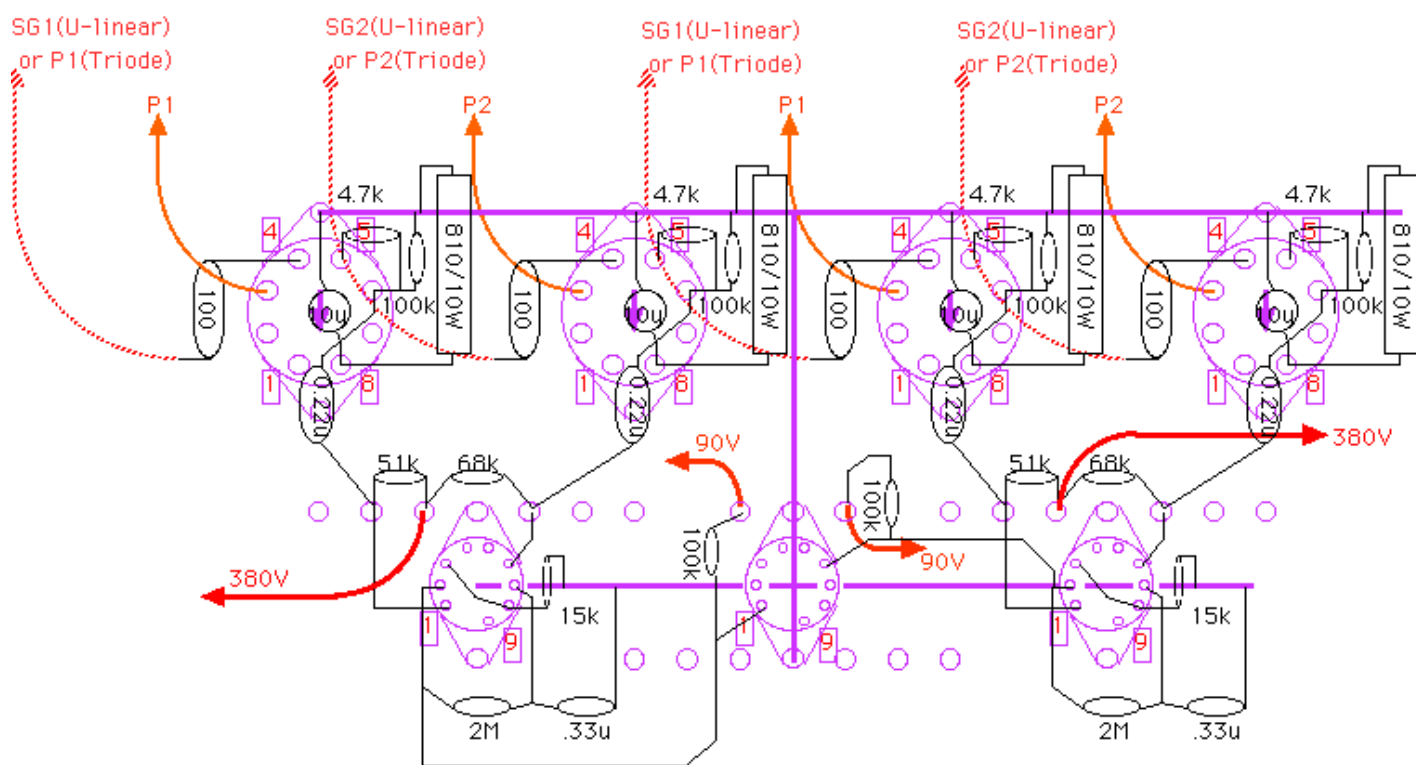
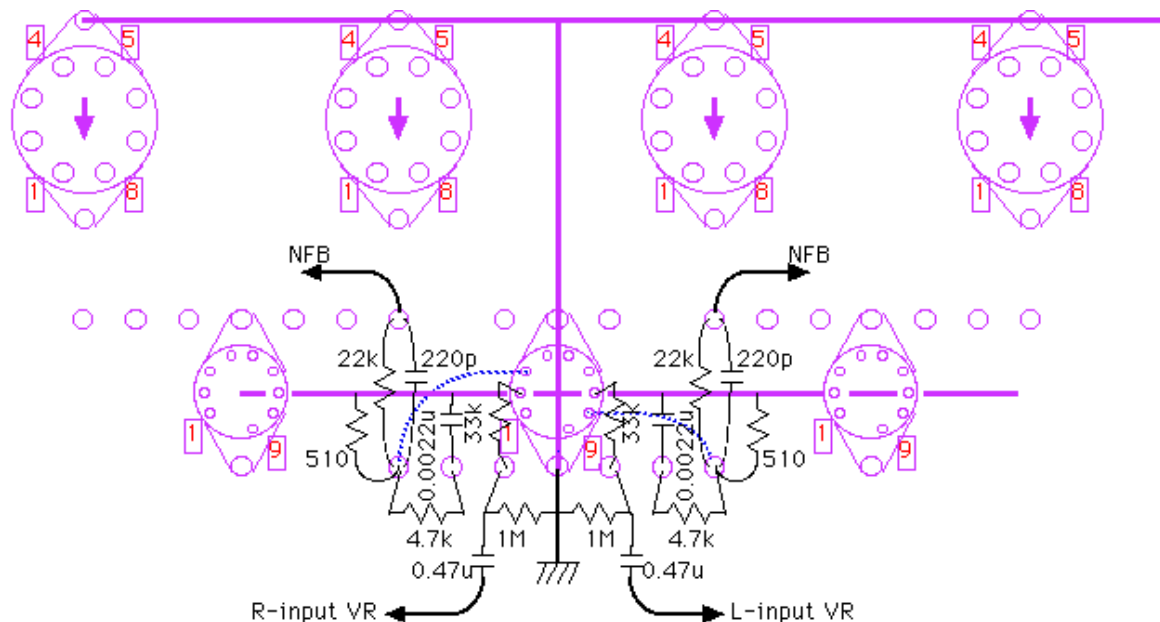


画面左下に黒いコンデンサが二つ見えますが、背の高いほうが今回追加したブロックコンデンサ (100uF+100uF/500WV) です。JJ 製品を採用。真空管アンプの場合、スピーカを駆動する瞬発力の源はどちらかというとプレートに直列につながった出力トランスのインダクタンス(コアボリューム)であって、電源のフィルタコンデンサの大小はあまり効かないのかも知れませんが、気休めとして増強。



増幅回路まわりのクローズアップです。

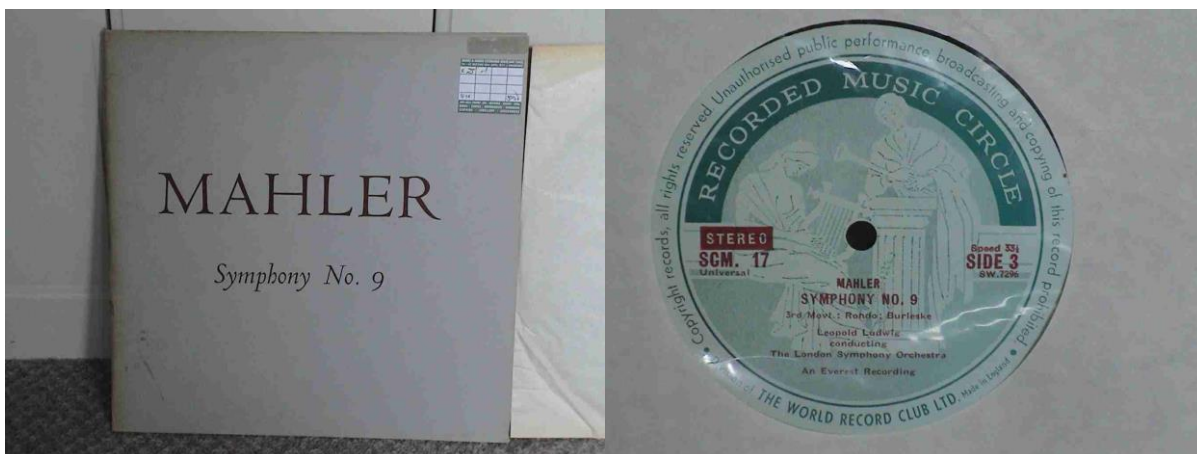
- 1) 三極管結合とするため、オクタール(8p)ソケット回りの配線を若干変更。6L6の場合、ピン1はblank(空き端子)でしたが、KT-88の場合はどうやらバルブ下部の金属シェルと導通しているらしいので、中継端子としていたピン1を避けて、新たにラグ端子板をネジ止めしました。このラグ板に、100Ωの抵抗の片側をハンダ付けしました。この端子からビニール被服線でトランスのP端子につなげば三極管接続、SG端子につなげばUL接続になります。
- 2) スプラグの「オレンジドロップ」を0.22uFのカプリングコンデンサに採用しましたが、容量もさることながらコンデンサの体積も堂々たるもので、シャシ裏でひととき大きく出しゃばってしまいました。その下の階層の配線はほとんど見えません！
- 3) 白く細長いセメント抵抗は、810Ωに交換。
- 4) グリッドリーク抵抗は、6L6GCのときは240kΩでしたが、KT-88については100kΩに交換。理由は分かりませんが、上杉氏のオリジナル回路設計を参考にしました。
- 5) 画面の左右にチューブラ型コンデンサが2つずつありますが、LチャンネルとRチャンネルのB2/B3回路それぞれ別々にフィルタ回路を配置した結果こうなりました。



備忘録として。上記は各部品の配置図です。ソケットとラグ板のどこにそれぞれの CR 部品をハンダ付けするか、整理してみました。事前にこれをやっておくと、作業の時に間違えずにすむし、作業自体も早くなります。



内部配線の変更と、各部電圧チェックの終わった本機。あとは試聴を待つのみ。



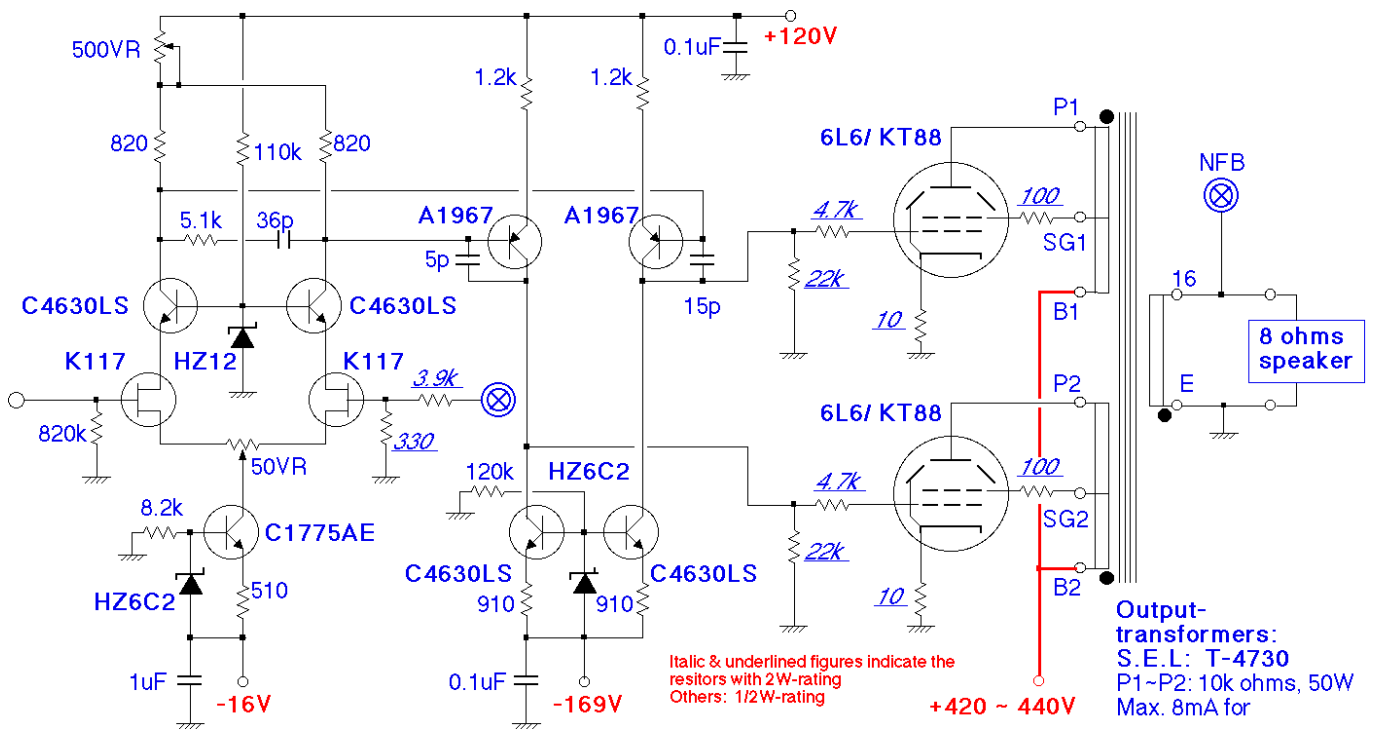
ダルマ型 KT-88 にはシンフォニーの再現能力を期待しました。最初の配線が終わった後10時間ぐらいのエイジングを行い、さらに1週間ほど CD を中心に信号を通しておりました。大分こなれているはずですが、最近、とおるさんがゆっくり時間をとれないため、すっかり出番の少ない SP10 ですが、本日は早朝からおめめぱっちり。レオポルド・ルードヴィヒ指揮のマーラー9番を乗せて、針を落としました。ややソフトなトーンを感じさせますが、ホルンやトランペットから離れ出る音の固まりが実に元気が良く、ハッとする思いです。バイオリンやチェロはどちらかという音像が横に広がる感じで、分厚さも増しました。KT-88 への交

換作業を行っていた期間中、完全対称型 UHC-MOS パワーアンプで久しぶりに音楽を聴いていたので、印象を比較することができました。UHC-MOS は、どちらかというと各々の楽器を鮮明に浮かび上がらせるのが得意。楽器の配置が明瞭なので、ライブ感に優れます。低音楽器(ティンパニーなど)も、音の飛んできた方向が分かる、という聞こえ方です。一方、KT-88 は圧倒的に情感の再現性に優れます。「深い」という表現があてはまるでしょうか。オーケストラ全部が fff で歌っている時も、肺活量に余裕あり、という鳴り方をします。ハイテック指揮のチャイコフスキー4 番も、冒頭のファンファーレは圧巻でした。(Part 9.1 の終わり:2006.08.13)

## DC 風真空管パワーアンプのクワダテ

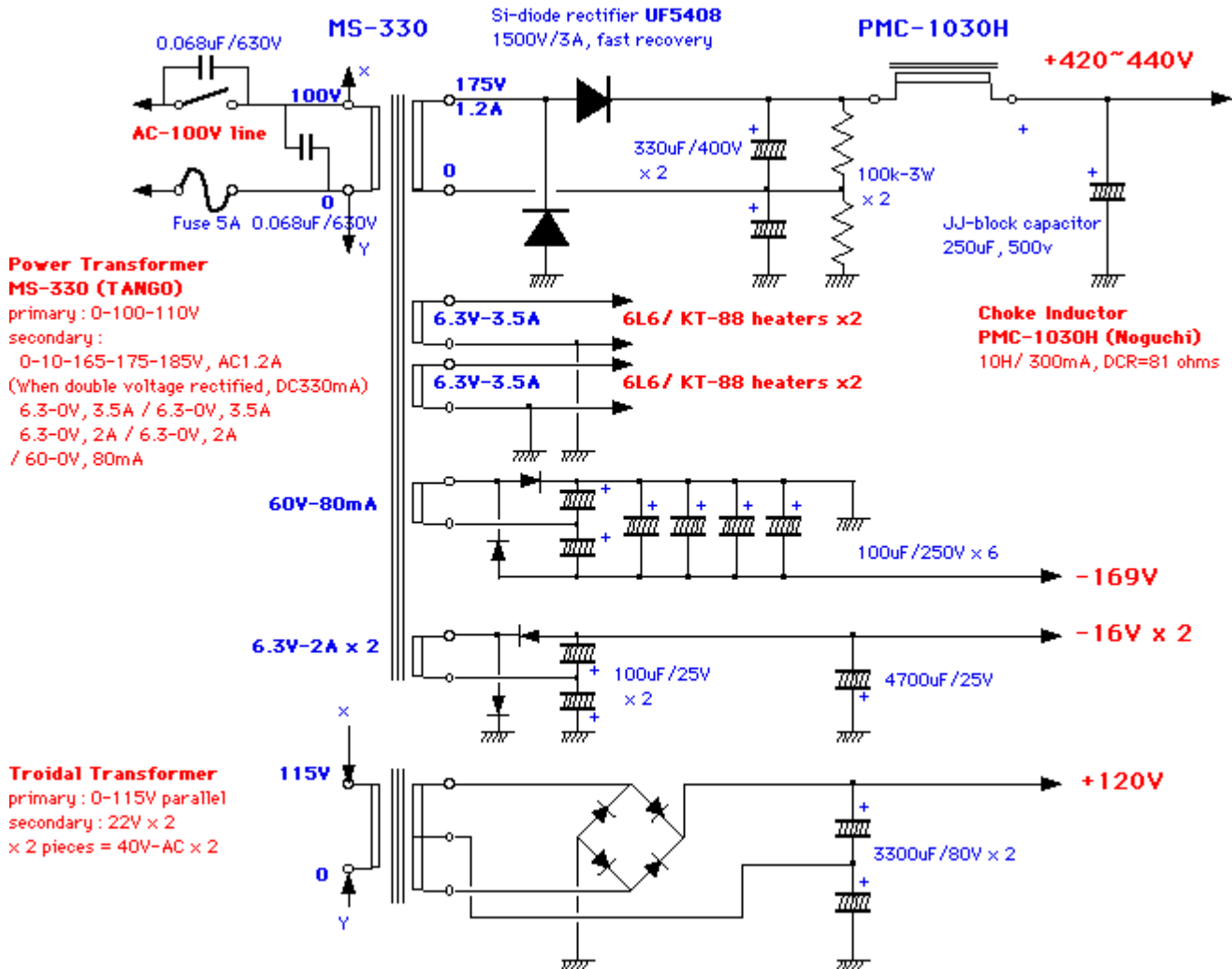


とおるさん家の真空管アンプが2台に増殖してしまいました。真空管アンプブラザーズの誕生です。ゆくゆくは、片方にバスを、もう片方にバリトンとテノールを担当させようというクワダテです。昨年誕生の兄貴分の育ちはクラシックなミュラード型回路ですが、豊かな音量と懐の深さが魅力です。ただし、低音域の弾み、歯切れ、という分解能を出す点についてはちょっと苦手な様子も見えます。というわけで、今回は、出力トランスやパワートランスの構成をほとんど変えずに、低域のレスポンス改善をくわだて、「K 式 DC 風」を導入して、双児の弟分をこしらえることにしました。

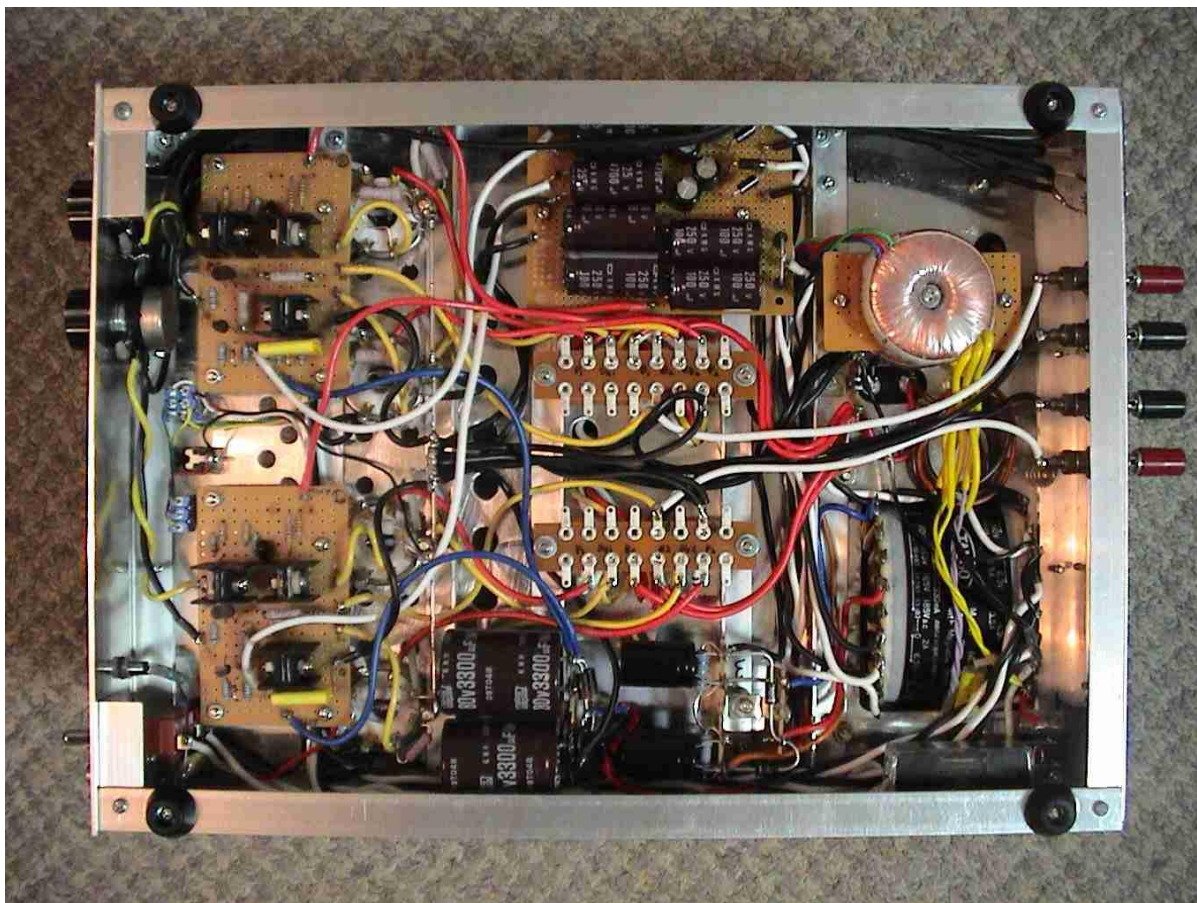


そこできなりですが、今回採用したのが上記の回路です。おなじみ K 先生の DC パワーアンプシリーズの No.169(「無線と実験」誌 2002 年 8 月号 36 ページに記載)、6C33C-B ハイブリッド DC パワーアンプを参考にしました。かねがね、「No.169」を作りたいとは思っていたのですが、出力管のほか、大容量の平滑コンデンサなど、高額部品が目白押し。発熱もばかにならない様子だし。。。というわけであついに実現に至りませんでした。しかし、この記事で設計された半導体電圧増幅段の構成は、動作原理も分かりやすく、他のデバイスにも応用しやすそうに思いましたので、あれこれ考えながらプランを練りました。最終的に上記の回路に至るまで、実は結構苦労し、紆余曲折を経ましたが、これはのちほど備忘録の形で紹介いたします。1 段目と 2 段目の上部にある負荷抵抗、出力管のグリッドリーク抵抗をそれぞれ大幅に減らし、裸ゲインを下げたことが、改善のポイントでした。(20090506 追記: 回路図中、プラス電源の電圧を +120V に、マイナス電源の電圧を -169V に、それぞれ変更してあります。理由は、この次の記事「備忘録」に記しました。)

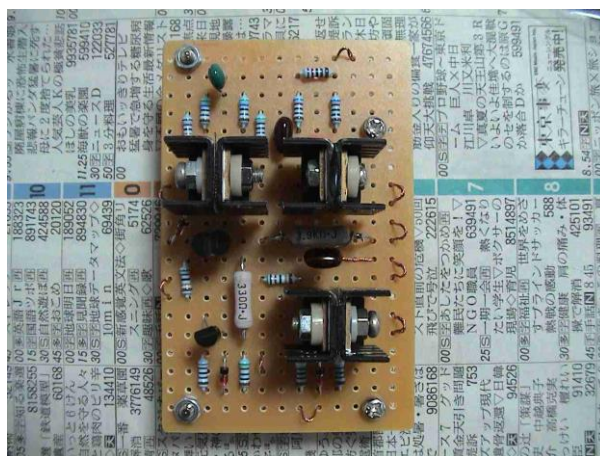
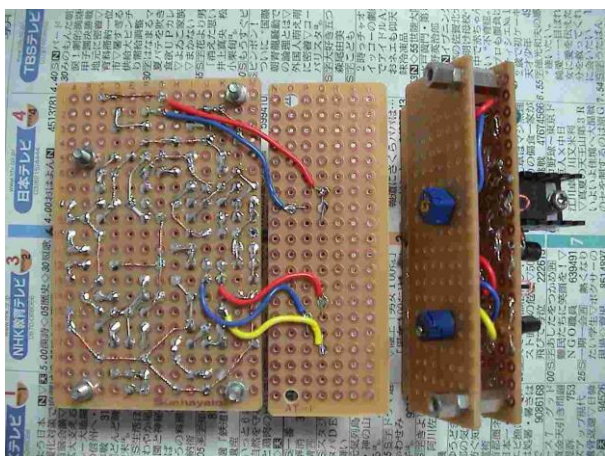




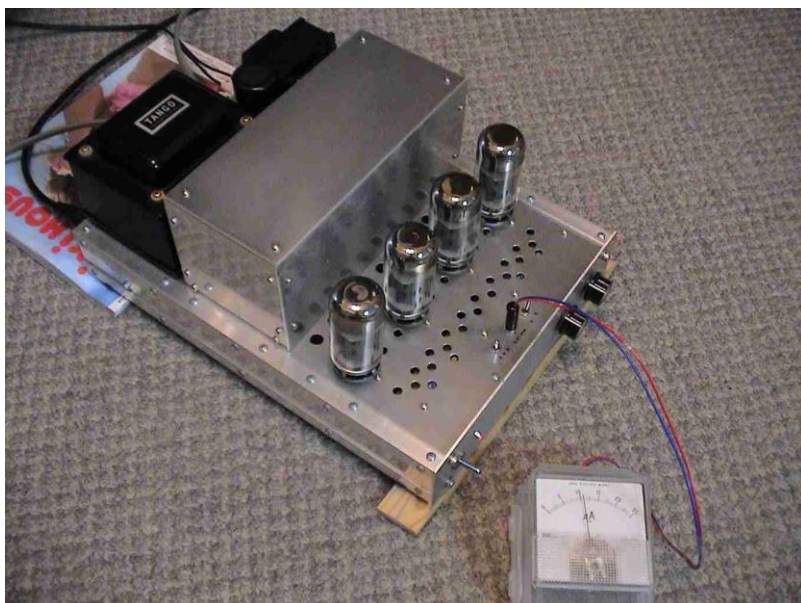
出力管に供給する B 電圧(+420~440V)のほかに、電圧増幅段には+169V(後日修正:+120V)、-120V(後日修正:-169V)、-16V の3系統の電源が必要です。とおるさんの今回のチャレンジは、K 先生が絶対採用しなかったコンデンサインプット型のチョーク電源回路です。(後日修正:整流ダイオード直後のコンデンサの容量を 330uF x 2 に増量しました)6C33CB のように、比較的低電圧で動作する出力管の場合とはもかくとして、ポピュラーな 6L6 や KT-88、EL34 などでは、さらに高圧・大容量の電解コンデンサが必要となり、お値段が張るばかりでなく、スペースもとるし、放電残りに気をつけないと危険でもあります。(後日修正の理由は、同じく「備忘録」を御覧下さい)



実は、完成初期のこのアンプ、見事に発振をし、左右のチャンネルのバイアス電流がシーソーのように増減するトラブルに見舞われました。この時点で、「やはり DC アンプの電源にはチョークコイルは御法度であったか。。。」とあきらめかけたのですが、何とか仕上がりました。悪戦苦闘・試行錯誤で、本業上の空状態(おっと。。)でした。その過程で、マイナス側の電源が不足したため、小型のトロイダルトランスを RS コンポーネンツで物色し、シャーシ内に詰め込みました。



シャーシ内のスペースはほとんど電源類で占められ、電圧増幅回路基板に与えられたスペースには限りがあります。また、シャーシ上部から、DC バランスとバイアス電流の増減を調節する反固定抵抗を回せるようにするため、基板は 2 階建てとなりました。トランジスタにかかる電圧が比較的高く、発熱量も大きいので、ヒートシンクを実装せねばならず、これも基板上の面積を食ってしまいます。



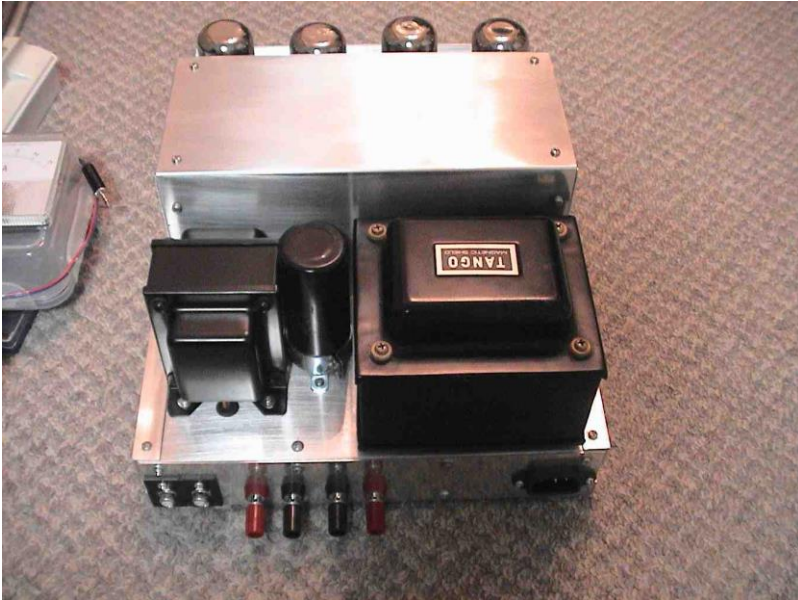
4つの出力管のバイアス電流を調整中の本機。電圧増幅段には半導体を採用し、安定性に期待しました。発振対策を行ったあとの動作状態は極めて安定で、電源投入直後から、ゆっくりとバイアス電流が増えてゆき、20～30分程で安定します。その後4～5時間の経過観察をしてもバイアス電流はほとんど変わらず、暴走するような危険は無さそうです。上下の出力管のバイアス電流を均等に調整し、出力トランスが直流磁化しないようにせねばならないのですが、半固定抵抗を回して合わせこんだ後はぴたりとバランスを保っています。

現在視聴をくり返しているところです。いきなり KT-88 を実装してしまうのは恐かったので、昨年最初用いていた 6L6 を差して動作させています。やはり分解能が上がり、DC アンプの系統を汲む(と思われる)鳴り方をします。分解能は、高域の楽器やボーカルのみでなく、ティンパニーやチューバ、バスドラムに弾力が効いてきます。低音楽器がただボンボンとリズムを叩いているだけではなく、ちゃんと「節回し」が聴けるように思えます。大体の様子が見えたら、いよいよ本命の KT-88 を載せてみようと考えています。兄貴分のクラシックアンプには、先日調達した EL34 を載せ、マルチアンプ構成で中高域を受け持たせようと思っています。(Part 9.2 の終わり:2007.10.06)

## DC 風真空管パワーアンプ:備忘録編



「DC 風」真空管プッシュプルアンプはめでたく完成し、現在もメイン機として活躍中です。兄貴分の「ど」真空管アンプと比較しての印象は、まずは「歯切れの良さ」に尽きます。プラスが「ぱーん」と前に出る感じです。ティンパニー打一打の区別が付きやすくなりました。上の写真は兄貴分の方ですが、現在 JJ 製の E34L を4本差して使用しており、どちらかというが大雑把ながらも包容力のある鳴り方をします。どちらも捨てるがたく、気分に応じて代わり番子に切り替えて鳴らしています。ところで、DC 風弟分アンプが完成に至るまでに、実は色々な試行錯誤がありましたし、完成後もいくつかのカットアンドトライを行いました。その過程を備忘録もかねて記しておきたいと存じます。



DC 風弟アンプの後ろ姿です。電源トランスにはオークションで運良く入手したタンゴの MS330 を使っています。このトランスは、70~80 年代の自作オーディオ・ラジオブーム全盛期に、数多くの試作記事に登場いたしましたが、330mA の大電流容量が魅力の反面、倍電圧整流に伴うリップルの手当てが重要と思われたので、10H ものチョークを投入しました。また、設計当初は、倍電圧回路の midpoint から  $\pi$  型フィルタを介して、前段のプラス電源 (100~110V) を得ていました。これに加えて、独立の 60V 巻線をこれまた倍電圧整流 +  $\pi$  型フィルタにより前段用のマイナス電源 (-120V) を作っておりました。1 個のトランスを最大限活用できたので、しめしめと思っていたのですが、試運転時の動作は全く不安定でした。まずは、右チャンネルのバイアス電流とバランス調整後、左チャンネルの調整に移ったところ、右チャンネルのバイアス電流がゼロになってしまいました。思わず真空管 (テスト用に使っていた 6L6) が飛んだのかと思いましたが、真空管の中身は何も変化していません。また、トランジスタとは異なり、そんなに滅多に飛ぶものでもありません。しばし考えつつ調整していますと、どうやら際どく左 Ch・右 Ch ともに所定のアイドリング電流に調整できるポイントが見つかります。しかし、まるでピンポイントの調整で、スイッチを切り、また投入すると、このバランスはもはや崩れており、再び左右合計4つのトリマーを調整せねばならないという状況です。これではまるっきり困ったちゃんなので、すっかり考え込んでしまいました。この場の結論として、やはり前段の電源は独立させるべきで、しかもデカップリング回路が元凶なのでは、と思ひ至り、小型のトロイダルトランス (22V X 2回線) を2個購入し、ブリッジ整流後 120V の独立電源を作り付けました。これが、2007 年 9 月なかばの状況。



しかしそれでもなお、不安定な動作は解消されません。若干大人しくなったかな、という程度。左右の調整が取れた状態で無理矢理ダミースピーカーをつないで音楽を鳴らすと、それなりの音質で動作しますが、無入力状態で耳をすますと、「ピーン」という発振音がします。どうやら電源の問題と言うよりは、増幅回路全体の寄生発振が疑われます。最終段の真空管を外し、半導体ドライブ段のみの動作を見ると、プラスとマイナスのバイアス電圧も正常に出力されており、しかも極めて安定しています。「スタガー比」という言葉が頭をよぎり、位相補償コンデンサをあちこち付けてみました。少しでも効果があったかな、というのは2段目の2SA1967のベースとコレクタの間に挿入した10~30pF程度の帰還コンデンサです。逆効果だったのは、NFB抵抗を3.9kohmから10kohmに増やした時、出力トランス2次側に10kohm+0.033uFを入れた時、で、いずれもバイアス電流が全く調整不能になりました。

ところで、試作当初は、部品代をケチって、初段のブートストラップおよび2段目のマイナス側定電流回路に、「K式回路指定」の2SC4578(または2SC4630LS)ではなく、2SC4572を使っていました。耐圧のみから互換可能と判断したのですが、よくよく特性を見ると2SC4572はftが40MHzと高めになっております。果たしてこれが原因であるか、と考え、早速秋葉原で「御指定」の2SC4630LSを調達し、実装し直しました。結局高く付くんだなあ。これが。

さて気を取り直してもう一度。。。ってスイッチを入れましたが、何やら動作は前よりも不安定。これより以前は、かろうじて両チャンネルとも設定のバイアス電流に落ち着けることができたのに、今度は全く調整ポイントが見つかりません。ほとんど困り果てました。かなり敗色濃厚になってまいりました。(9月末の状況)

あらためて、DC式真空管アンプについて、K先生の過去の記事を色々見ていると気が付いたことがあります。まず、今回採用したドライブ段は、出力トランスを使わないSEPP式のアンプ(6C33CB、6336、6C19P、WE421などの3極管)で、初段も高利得の2SK117の差動を用いた、「ハイブリッド型」回路です。一方、出力トランスを介したKT88など比較的ゲインの高い五極管を終段とする最近の「DC式真空管アンプ」のドライブ段は、電圧管による差動1段構成で、ここにオープンゲインを集中させています。今回とおるさんは、あえて「ハイブリッド用2段増幅ドライブ回路」と「五極管+出力トランス」のタスキがけを行ったわけで、これが「禁断+御法度」的アプローチだったのかもしれませんが。一瞬、1段増幅式への乗り換えを考えました。ブートストラップの上に、さらに定電流回路を河練の方式ですが、これでやると初段B電圧のうえにさらに終段のプレート電源を重ねることになり、トータルの電源電圧は600V以上になります。これは恐いなあ。

一方、同じくSEPP式であっても、最近の2段増幅回路は、1段目のブートストラップの負荷抵抗は低めになっており、また2段目は差動増幅ではなく単なる電流受け渡し回路になっています。

要するに、最近の K 式真空管アンプの回路は総じてオープンゲインが小さめに設計されているように思いました。これらを勘案して作り直したドライブ段が、Part9.2 に掲載した回路図です。2SK117+2SC4630LS の差動回路の負荷抵抗は 5.6kohm から 820ohm に変更、2段目 2SA1967 のエミッタ抵抗は 1.1kohm となり、かつ構成上は単なる電流受け渡し回路として、もはや差動増幅機能は持っていません。さらに、KT88 のグリッドリーク抵抗は、当初の 51kohm から 22kohm へ半減させています。

。。。というように一連の変更を行った後、再び電源スイッチをオンにしました。トリマを回してゆくと、徐々にバイアス電流が増えてゆきます。これまでは、トリマの回転角によらずデタラメに、急に電流が増えたり、フとゼロになってしまったり、典型的な発振アンプの様相を呈していたのですが、その苦勞はどこへやら。極めてスムーズに調整ができ、しかもピタリと安定しています。一番の要だった、バイアス電流のバランスについて経時変化を見ましたが、これも調整・熱平衡後は数時間にわたりぴったりと動きません。差動増幅器のマイナス側入力に NFB 抵抗とトランス 2 次巻線を介して、DC 的にはアースに繋がっていますので、サーボも何も使わずに、もっぱら初段の 2SK117 の熱バランスで安定しているという状態です。ちなみに、プレート(バイアス)電流は、KT88 一本あたり 50mA に設定しました。いやー、久しぶりに苦勞したので、ここまで持って来れたのは大変うれしい。10 月 1 日の夜半でしたが、ひとり祝杯をあげるとおるさんでした。



さて、このアンプを使っているまひとつ気になる点が残っています。どうもトランスの唸り音が大きいのです。倍電圧整流の宿命か？あるいは、10H チョークは大きすぎるか？平滑コンデンサの容量不足か？と思い、ちょっと手を加えました。まずは、10H のチョークを外し、3H-180mA のチョークを新規に 2 個調達。100uF+100uFx500V のブロックコンも 2 個調達。倍電圧整流後の 1 次平滑コン(22uF-450V2 個)の後に、新しいチョークとブロックコンデンサを用いて L および R の 2 系統に振り分けた 2 次平滑回路を付けてみました。手曲げ加工したアルミのボックスに納め、シャーシ上に設置。。。して効果を見ましたが、あれっっっ？むしろトランスの唸りは前よりひどい。チョークまで鳴いておるわい。。。音質も何となく尻軽で薄っぺらな感じ。おかしいな、と思いつつ連続駆動していたら、なぜだかバイアス電流が半分に減ってしまった。あわててアンプを裏返して B 電圧を測ってみると、心持ち電圧が減ってしまっている様子。

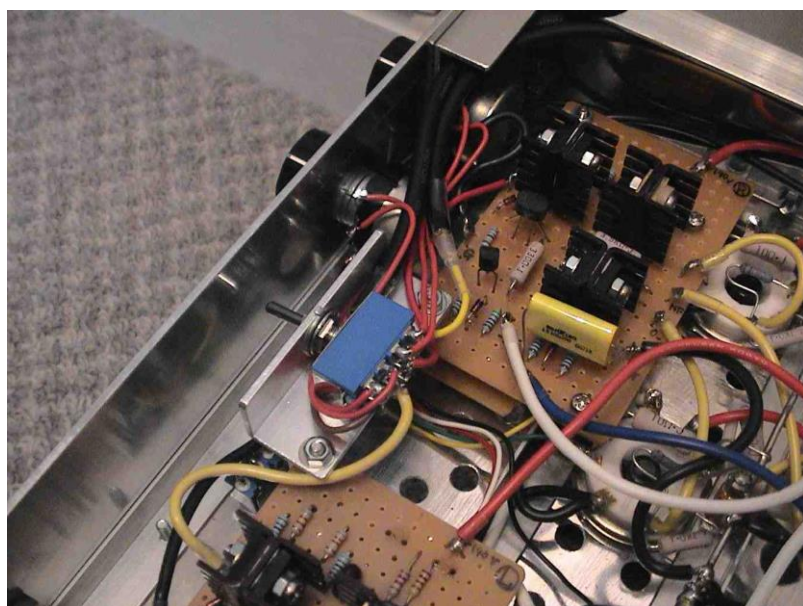


スイッチを切り、アンプの裏側を点検。。。していると、1次平滑コンデンサ(22 $\mu$ F-450Vを2個)の様子がおかしい。アルミ缶の頭が何となく膨らんでいるし、リード線の付け根になにやらゼリー状のものがはみ出た跡がある。コンデンサの上にあるシャーシの表面に、なにやら油分の飛んだような跡がある。そこで、MS330を使った、古い製作記事をいくつか見ていると、1次平滑コンデンサの容量はおしなべて100 $\mu$ F~220 $\mu$ Fあたりを使っている例が多い。とおるさんは、前作(兄貴分)の例にならって、一次平滑コンの容量を22 $\mu$ Fに低くしてあったのです。でも、よくよく考えると倍電圧整流の場合はこの容量を大きくしておかないと、各半波におけるリップルが取り切れないことになります。耐圧は十分あったのですが、リップル電流が大きすぎて電解コンデンサが半ばパンクしてしまったようです。トランスの唸り音の原因も、これかも知れぬと考え、手許にあった100 $\mu$ F-250V2個と交換したところ、トランスの唸りは驚く程激減しました。その後、順次コンデンサの容量を増やし、今は330 $\mu$ F-400Vの小型電解コンデンサが2個ついています。チョークは元の10H(1個)に戻しました。もちろん、B電圧が減るようなこともなく、これなら安心です。



ついでに、半導体ドライブ段のプラス側電源とマイナス側電源の電圧を入れ替えました。すなわち、+120Vと-168Vに交換です。と、いうのは、グリッド電圧は約-40Vですので、プラス電源電圧を168Vとすると、上側トランジスタのコレクタエミッタ間の電位差は200Vを超え、消費電力(発熱)も大きくなります。またマイナス側が120Vとなると、グリッド電圧が下側にスイングした時のマージンが不足すると思い、これもちょっと気になります。極性に注意し、電源配線を入れ替えてやったところ、特に問題もなく動作しました。トランジスタもこのほうが長生きするかも。

以上が完成までの顛末です。試行錯誤のハラハラ感も、なかば絶望かという落胆も、過ぎてしまうと何やら寂しいというか、何と言うか。ちなみに、肝心の音源・音楽についてはまたワンステップ精進が必要な様相。マーラーの交響曲は、新しい録音でハイティンクの4番、ジンマーマンの3番、などのCDを最近仕入れて楽しんでおりますが、さすがにマーラーばかりでは飽きてきた。「のだめカンタービレ」のブームで、ふとベートーベンを耳にする機会が増えているように思いますが、7番は良いですね。これもハイティンク+LSOの録音は低音が充実していて楽しめます。数年前に亡くなったクライバーが指揮棒を振った、シュールベルトの「未完成」は、CDとLPの両方を買ってしまいました。元の音源は同じだと思うのですが、LPのほうが確りと音が入っています。クラシックのレパートリーはもう少し増やしたいな。このアンプはジャズとの相性もなかなか良さそうなので、サックスやペットのリアルな録音を見つけたいです。余談になりますが、つい先日、「善本さん」の新年会に、この新作アンプを持参いたしました。JBL-S101を相手に、元気に歌わせていただきました。(お騒がせしました)また、おいでになったご同行のかたから、ブルックナーの8番をお借りして試聴しましたが、わりとこじんまりと歌っておりました。もう少しクローズドゲインを増やしても良いかな。当初計画のマルチ化もそろそろ何とかしなきゃ。(Part 9.3の終わり:2008.01.26)



ちなみに、シャシ内部にスイッチを設置し、入力VRをバイパスできるようにしました。マルチ化するときGRフィルタを入力につながりますが、VRによりインピーダンスが減ってしまうのはマズイと思いましたので。

**アーカイブの終わり (20161029)**