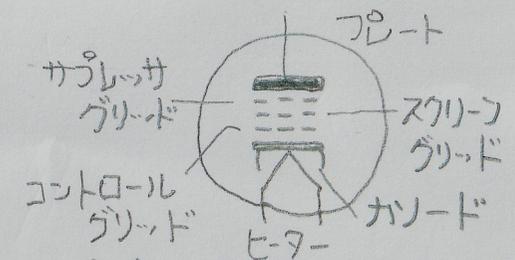
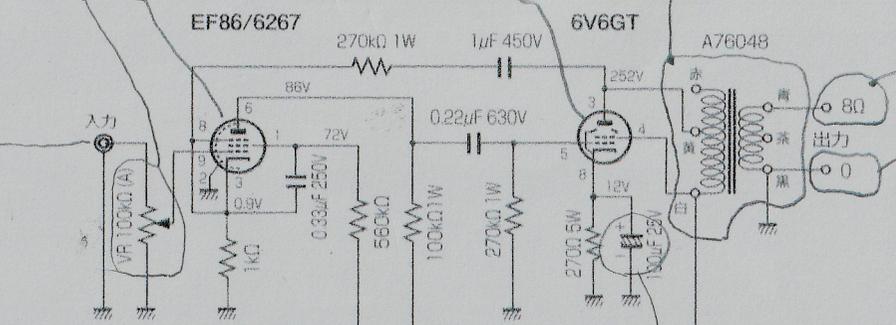


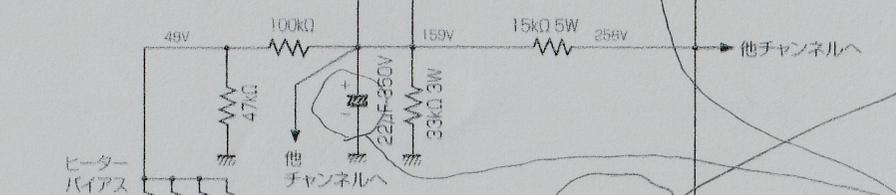
- ② 音量調整ボリューム (可変抵抗器) + ツマミを付ける
- ③ 真空管ソケット 9ピン上付き
- ④ 真空管ソケット US8ピン
- ⑤ 出カトランス



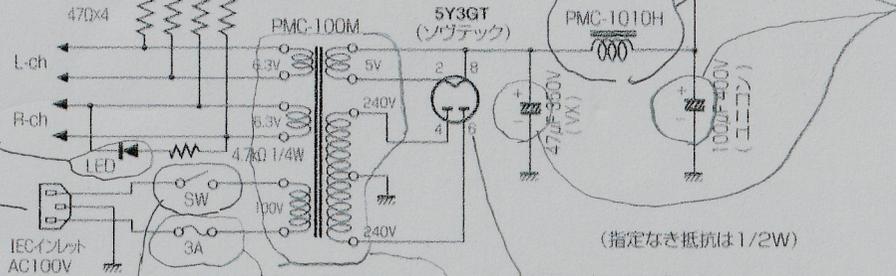
- ① 入力端子 RCAピンジャック



- ⑥ 出力端子 (赤) 出力端子 (黒) 出カターミナル

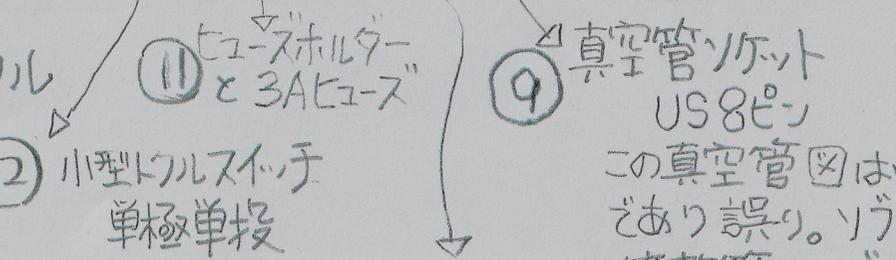


- ⑦ チョークコイル



- ⑧ ケミカルコンデンサ (チューブラー型) (電解コンデンサ)

- ⑭ 緑色LEDインジケータ



- ⑬ IEC電源セパタクル
- ⑫ 小型フルスイッチ 単極単投
- ⑩ 電源トランス
- ⑪ チューブホルダーと3Aヒューズ
- ⑨ 真空管ソケット US8ピン

この真空管図は直熱管であり誤り。ソブテックは傍熱管なのでカソードがありそこから出カさせる

- 他に: シャーシーラック板, ブッシング, ゴム脚, スズメッキ線, 配線材, シールド線, 熱収縮チューブ, 結束バンド (三角板), ビスナット

PK帰還により特性が大幅に改善された

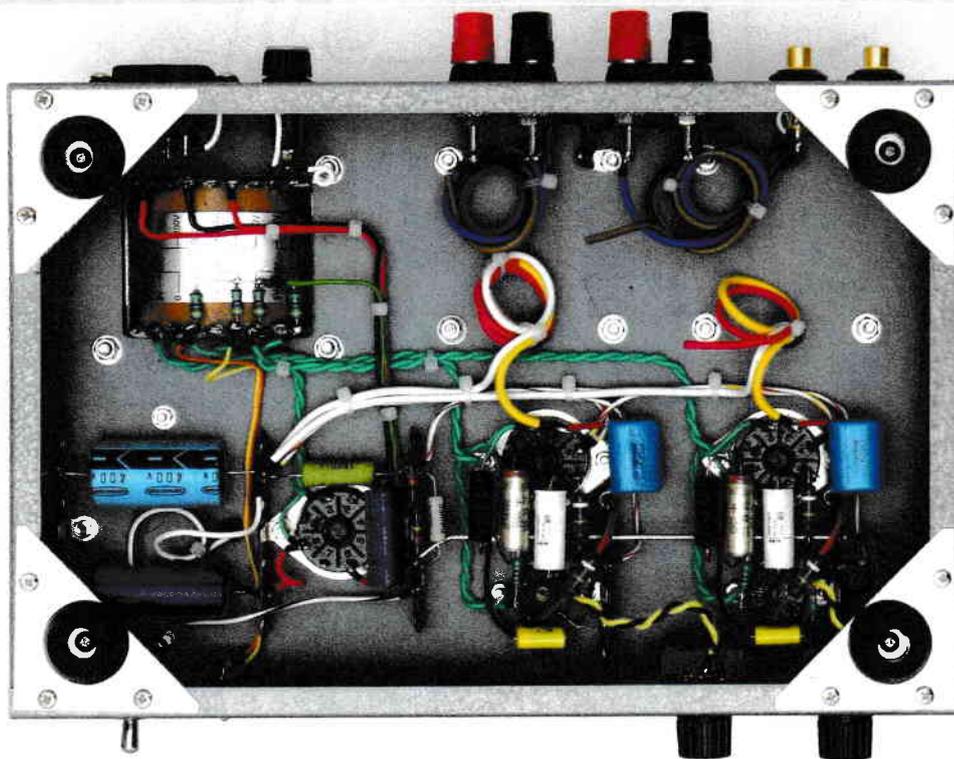
# 6V6GTシングルパワーアンプ

岩村保雄 IWAMURA Yasuo

製作記事は58ページより



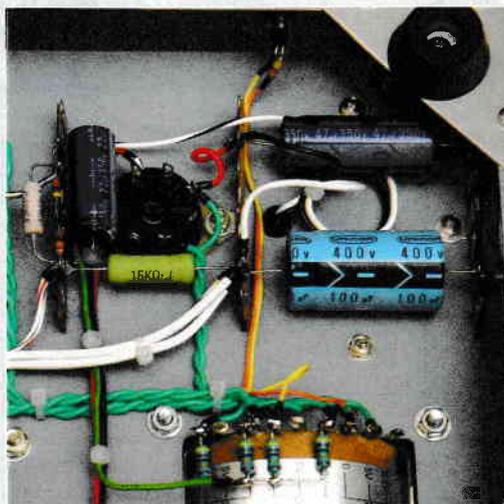
現行生産の真空管に重点を置き、PMの6V6GT、エレクトロ・ハーモニックスのEF86、ソヴテックの5Y3GTを使用して出力3Wのシングルアンプを製作した。出力管のプレートから初段のカソードに11dBのPK帰還をかけるという、いたってシンプルな回路構成である。抵抗、コンデンサーなどはコストを気にしないで良質のものを使用。出力トランスは染谷電子から新しく発売されたオリエントコア採用のA76048を使用した。この出力トランスの特性を反映して、周波数特性は10Hz~40kHzで-1dBと十分な帯域を確保。音楽を奏でてくれるアンプに仕上がった。



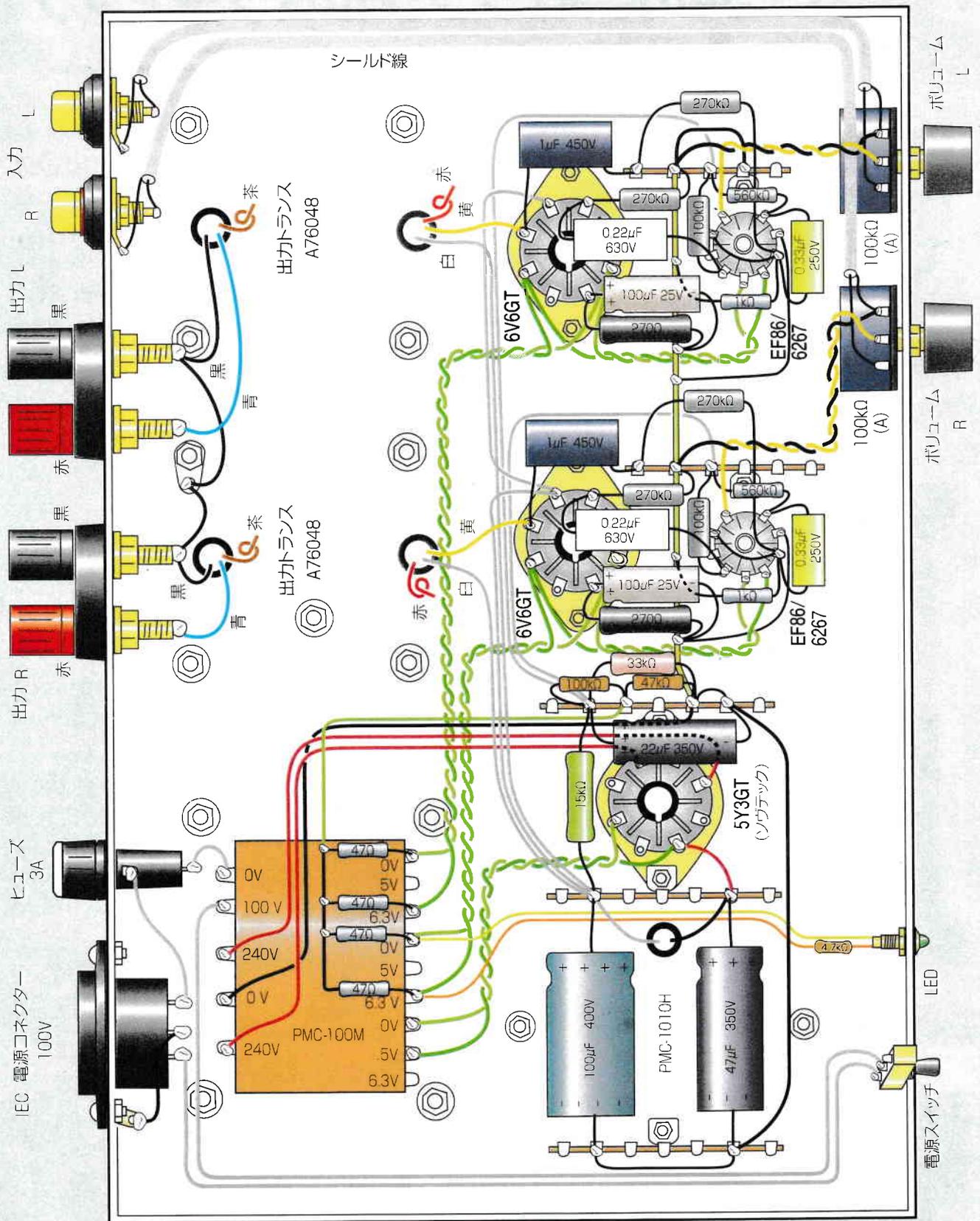
整流された電圧は、2つのラグ板に取り付けた電解コンデンサーで平滑する。ヒーター配線とAC100V系は、線をよって配線した



初段管(右側)と出力管ソケットまわりの配線。抵抗、コンデンサーは真空管ソケットと共締めしたラグ板やアース母線に配線



ヒーター巻線の端子にはハムバランス用の47Ω 4本を直付けし、整流管の左のラグ板に電圧分割用の抵抗2本を付けて48Vのヒーターバイアスを加えている

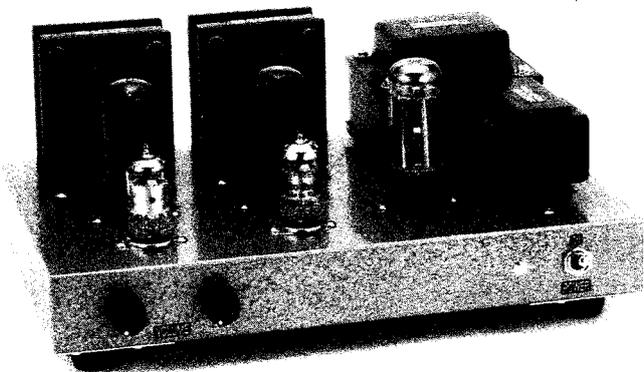


【図5】6V6GTシングルパワーアンプカラー実体図

見やすいように、部品や配線の位置を調整して描いているので、実際の配線のようなカラー写真を参照してほしい。出力トランスの未使用のリード線は丸めて束線してある。なお、EF86/6267の2番ピンはシールド端子なので、実体図のようにアースに配線しよう

# 6V6GTシングルパワーアンプ

岩村保雄 IWAMURA Yasuo



英PMの出力管6V6GTを使用したシングルアンプ。初段管には5極管のEF86を使用してゲインをかせぎ、出力管のプレートから初段のカソードに11dBのPK帰還をかけて特性の改善を図っている。出力トランスは、染谷電子の新製品A76048を使用した。アース母線を張り、抵抗、コンデンサーをラグ板に配線。ヒーター配線ではハムバランス回路を設けてノイズを低減。高域の暴れもなく素直に減衰し、動作の安定性と音質面でも好感の持てるアンプに仕上がった。

## はじめに

真空管アンプを製作するに当たって、音のよい真空管というところまず3極管が思い浮かびますが、5極管/ビーム管では6V6の評判がよいようです。6L6GCやEL34もよく知られた5極管ですが、どちらかというところハイパワーが売りとなっています。それに引き換え、6V6はシングルで3~4Wの出力ながら、音がよいことで知る人ぞ知る真空管です。

編集部から「入手が容易で廉価な、ギターアンプ用のブランドと

して売られている真空管を使ってシングルアンプを製作する」という企画を提案され、それならこれしかないとして6V6GTで製作することにしました。

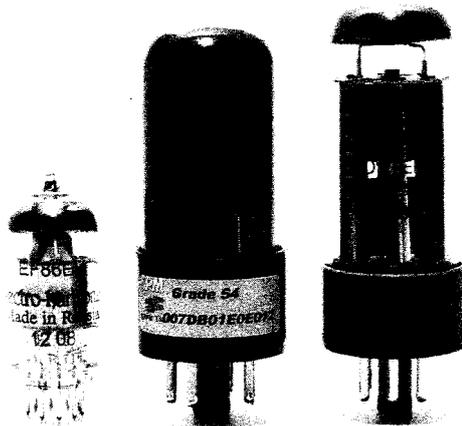
現在製造されている6V6GTは、楽器用を主なターゲットとして、エレクトロ・ハーモニックス(以下、エレハモと略)の6V6EH、タングソルの6V6GT、JJエレクトロニック(以下、JJと略)の6V6S、ゴールデンドラゴンの

6V6GT、PM(英、ピーエムコンポーネンツ)の6V6GT(写真1)など、多くの製品があります。これらの中で6V6EHと6V6Sのプレート電圧やプレート損失は、表1のように上位互換となっています。

初段管に使用したEF86の現行生産品はエレハモのEF86EHとJJのEL806くらいしかなく、本機ではその中から前者を採用しました(写真2)。



[写真1] PMの6V6GTとパッケージ



[写真2] 左からエレクトロ・ハーモニックスEF86、PM 6V6GT、整流管はソヴテック5Y3GT

整流管はソヴテックの5AR4、JJのGZ34S/5AR4、中国製の5AR4/GZ34に加えてソヴテックの5Y3GTと、使えそうなものに限っても多彩です。本来5Y3は直熱管のはずですが、ソヴテックの5Y3GTは傍熱管です。

5Y3GTと高信頼管の5Y3WGTAは直熱管、5Y3WGTBは傍熱管なので一概に偽物とも決めつけられません。ただ5Y3WGTBはプレートがGZ34のように2枚なのに、ソヴテックの5Y3GTは1本の極太のカソードに2つのプレートが縦に並んでいます。これではもう5Y3GTではありませんが、今回はこの極太のカソードに惹かれて、あえてこの整流管を使うことにしました。

出力トランスには、染谷電子が新しく設計したシングル用出力トランスA76084を使うことにしました。染谷電子はこれまでOEMのトランスを製造する一方、熱心な真空管アンプファンからの依頼で特注トランスを製作してきました。このたび、それらの積み重ねをベースにして5極管シングル用出力トランスを製品化したとのことです。

本機では、この出力トランスの音質をチェックするという点からもオーバーオールを負帰還はかけずにPK帰還としました。無帰還がトランスと出力管の個性を聴くにはベストなのですが、5極管接続の無帰還アンプではダンピングが不足することは明白で、少なくともある程度の負帰還はかける必要があります。

## 回路

アンプの回路を設計する最初のステップとしては、まず出力管、ここでは6V6GTの動作条件

[表1] 2A3と6AU6(A)の定格

真空管	6V6GT	6V6EH	6V6S	EF86/6267
ヒーター電圧 $E_f$ [V]	6.3	6.3	6.3	6.3
ヒーター電流 $I_f$ [A]	0.45	0.45	0.5	0.3
最大定格 (A級シングル)				
プレート電圧 $E_b$ [V]	315	450	500	300
プレート損失 $P_p$ [W]	12	14	14	1.0
スクリーングリッド電圧 $E_{g2}$ [V]	285	350	450	200
スクリーングリッド損失 $P_{g2}$ [W]	2.0	2.5		0.2
ヒーターカソード間耐圧 $E_{h-k}$ [V]	100	100		50
動作例 (A級シングル)				
プレート抵抗 $r_p$ [kΩ]	50	—	—	2500
相互コンダクタンス $g_m$ [mS]	3.7	—	—	2.0
プレート電圧 $E_b$ [V]	250	—	—	250
プレート電流 $I_b$ [mA]	45	—	—	3.0
スクリーングリッド電圧 $E_{g2}$ [V]	250	—	—	140
スクリーングリッド電流 $I_{g2}$ [mA]	4.5	—	—	0.6
グリッド電圧 $E_{c1}$ [V]	-12.5	—	—	-2
負荷抵抗 $R_L$ [kΩ]	5	—	—	—
最大出力 (歪率8%) $P_o$ [W]	4.5	—	—	—

を決めなくてはなりません。真空管のデータシートに記載されている典型的な動作 (Typical Operation) を基本的には遵守することにします。

この動作条件から外れてはいけないと考える方もいますが、設計するに当たって、最大定格を超えないことに注意すれば、負荷インピーダンスを大きくしようが、プレート電流を大きくあるいは小さくしようと、設計する者の裁量によることは当然です。

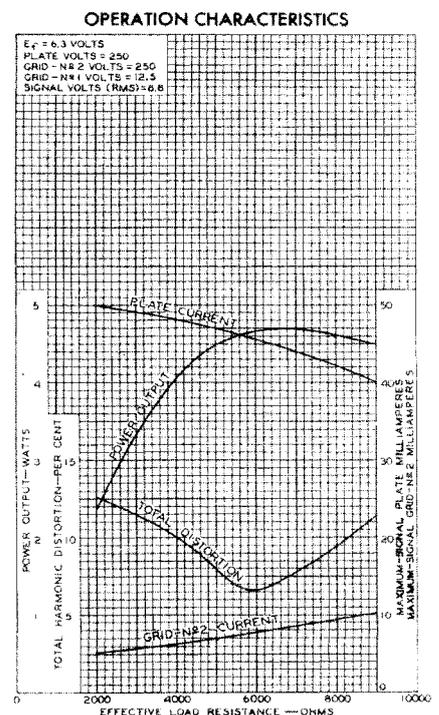
本機の6V6GTの動作条件はプレート・カソード間電圧  $E_{pk} = 240V$ 、カソード電流  $I_p = 44mA$ 、カソード抵抗  $R_k = 270\Omega$ なのでプレート損失+スクリーングリッド (以下、スクリーンと略) 損失は10.66Wとなり、最大定格14W (プレート損失12W、スクリーン損失2W) と比べて控えめな動作です。

出力管を6V6EHあるいは6V6Sとすれば、最大プレート損失が12Wから14Wに増えているので、 $E_{pk}$ を10%程度大きくすることができ、最大出力は約

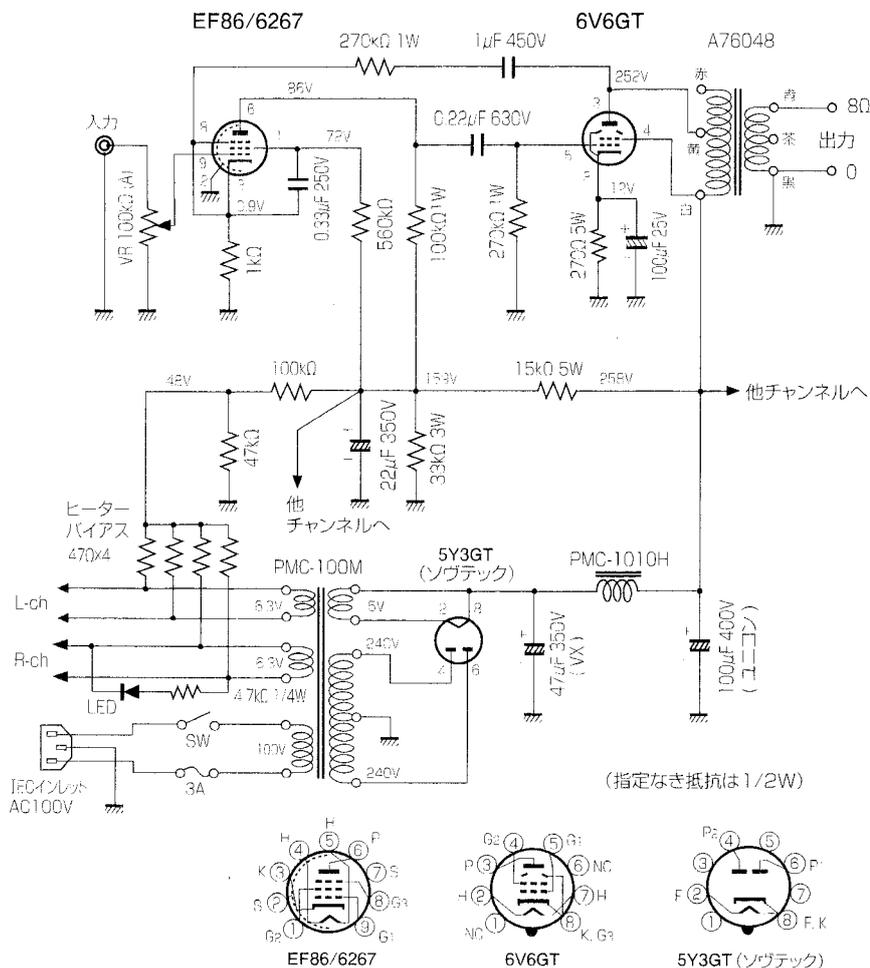
4.5Wにまで増加します。

6V6GTのデータシートには、図1の負荷インピーダンスによって最大出力や歪率がどう変わるかという特性が含まれています。この図からは最大出力は負荷6~7kΩで、最小の歪率は6kΩと読めます。

問題は歪みの内容で、6kΩで



[図1] 6V6GTの動作点 (RCA マニュアルより)



【図 2】 6V6GT シングルパワーアンプの回路図

は 3 次高調波が支配的となるため、データシートでは 2 次歪みが支配的な 5kΩ を推奨しています。負荷を 5kΩ にしても、最大出力はわずかな減少で済むからです。本機でも負荷抵抗は 5kΩ としています。

アンプをできるだけシンプルな構成としたかったので、初段に 5 極管を使った 2 段構成としました。現行品の電圧増幅用 5 極管には EF86/6267 くらいしかありません。現行品でただ 1 つの電圧増幅用 5 極管というのも、音質性能が優れているからこそ、名のあるこの真空管を使うのに何の問題もありません。

この真空管も出力管と同様、データシートの回路例を出発点として多少モディファイして使っています。

5 極管を使うときに難しいのは、スクリーン電圧をいくらに設定するのか、ブリーダー抵抗を使って電圧を安定化するか、ということです。本機ではスクリーン電圧をスクリーン抵抗の選定でプレート電圧の 70% としているだけでブリーダー抵抗は使っていません。

出力段が 5 極管接続の場合、無帰還ではダンピング不足でクリアな音は期待できず、常識的にはどうしても負帰還が必要です。負帰還をかける方法には、出力トランスの 2 次側から初段カソードにかけるオーバーオール NFB と、出力管のプレートから初段カソードにかける PK 帰還があります。

一般にオーバーオール NFB が多く使われていますが、本機では両方を試みて、音質の観点から出力トランスの NFB ループの外に

出し、PK 帰還を 11dB だけかけることにしました。

この場合、出力段プレート電圧が帰還抵抗を通して前段カソードに加わってしまうので 1μF のフィルムコンデンサーで直流分をカットしています。

B 電源は、電源トランスの 240V を傍熱整流管の 5Y3GT (ソヴテック) を使って両波整流、10H/100mA のチョークコイルと 47μF と 100μF のケミコンを使った平滑という、まことに普通の回路です。

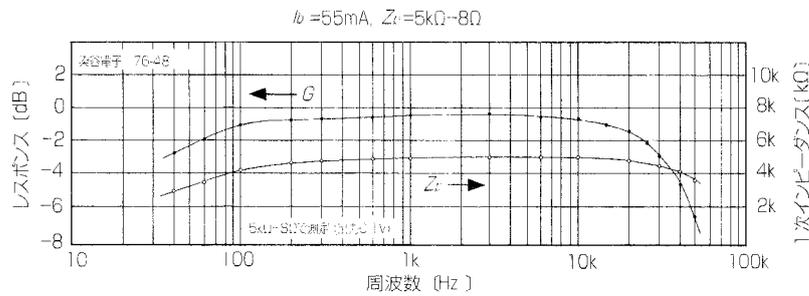
組み上げて、まずは気になる残留ノイズを測ったところ、初段にエレハモの EF86 を挿すと 2.6mV、ローノイズで知られている松下の 6267 でも 1.8mV と少々大きめです。特に、エレハモのノイズレベルは高能率のスピーカーではちょっと気になるハムの大きさです。

ノイズの成分は 50Hz なので初段ヒーターからの誘導と見当をつけ、次のような対策をとることにしました。ヒーターの中心電位にヒーターバイアスを加えることと、出力のアース端子をシャーシに落とすことです。これらの対策で残留ノイズは 1mV 前後にまで低下し、試聴に使っているスピーカーのアルテック 604-8H でも気にならなくなりました。

ここまですまとめた回路図を図 2 に示します。

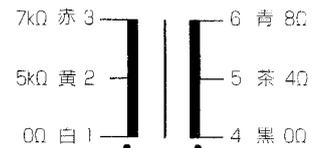
## 使用部品

本機ではいくつかの 6V6GT を挿し換えて試聴した結果、PM の 6V6GT を使うことにしました。上述のようにパワーが欲しい方はプレート損失が大きなエレハモあるいは JJ の 6V6 を使ってください。初段の EF86 (同等管 6267) はエレハモを使いました。



◆出力	7W/40Hz
◆1次許容DC電流	55mA
◆周波数特性	50Hz~25kHz (-2dB, $I_b=55\text{mA}$ , $Z_p=5\text{k}\Omega-8\Omega$ )
○1次側インダクタンス	13.9H (120Hz)
○1次側直流抵抗	116 $\Omega$ 2次側直流抵抗 0.395 $\Omega$ (5k $\Omega$ , 8 $\Omega$ )
○定損失	0.5 (dB) ( $Z_p=5\text{k}\Omega$ , $Z_s=8\Omega$ )

(a) 電気的特性



(b) 結線

[図 3] 染谷電子の出力トランス A76048 の特性と結線

6V6GT と 5Y3GT の US8 ピンソケット、EF86 の 9 ピン MT 管ソケットは、それぞれ下付きと上付きの QQQ のモールド製を使用しました。

出力トランスは、前述したように染谷電子のオリエント Hi-B コアの A76048 を使いました。このトランスは 5 極管シングルアンプ用で 1 次側インピーダンスが 5k $\Omega$  と 7k $\Omega$ 、2 次側インピーダンスが 4 $\Omega$  と 8 $\Omega$  となっていて、そのシンプルな内容に好感が持てます。その定格と周波数特性を図 3 に示します。この図から、ワイドというより素直な周波数特性のトランスであることがわかります。

電源トランスはノグチトランス販売の PMC-100M を使っています。PMC-100M は B 電圧として 200V、240V、280V (100mA)、さらにヒーター電圧として 5V、6.3V (2A) が 3 巻線があり、小型のシングルステレオアンプに最適の電源トランスです。

6V6GT の B 電圧は 260V 程度が必要なので、240V を整流すれば適当と思われます。電流は 6V6GT 1 本当たりプレート電流とスクリーン電流を合わせて 44.4mA、EF86 の 0.9mA、ブリーダー電流が 4.8mA なので、左

右のチャンネル合わせて合計 100.2mA となります。PMC-100M にはぎりぎりの電流容量ですが、長時間試聴していても生暖かい程度なのでこのままで使っています。

定格電流の数字が気になる方は PMC-140HG に変更してください。孔あけの寸法も同一なので、そのまま使うことができます。そのとき B 巻線は 250V を使うことになり、約 10% の最大出力増加が期待できます。

B 電源の整流は 5Y3GT を使った両波整流としました。平滑回路のチョークコイルにはノグチトランス販売の PMC-1010H、コンデンサーには 47 $\mu\text{F}/350\text{V}$  と 100 $\mu\text{F}/400\text{V}$  のチューブラー型ケミコンを使っています。

1W の抵抗は東京光音電波の SD タイプを使っていますが、すでに製造中止なので手に入らないときは同等品を使ってください。1/2W の抵抗はアムトランスの AMRS です。この安価なカーボン皮膜抵抗が気に入っていて、このところ電流の小さい箇所には使い続けています。

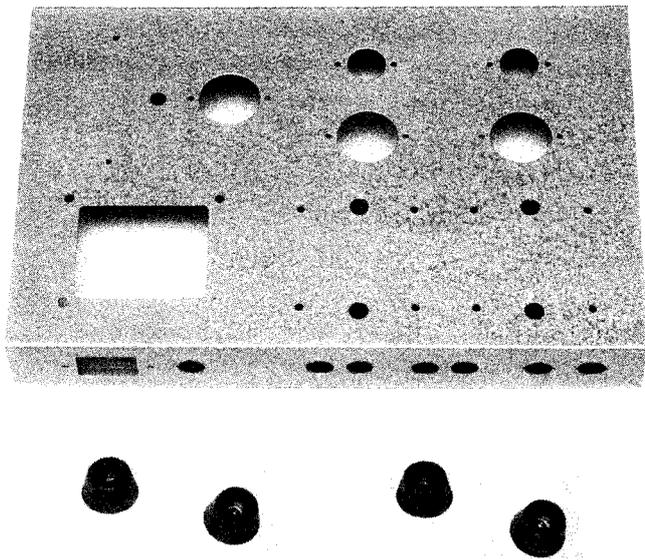
カップリング用のフィルムコンデンサーは ERO を使っています。ASC でも構いません。PK 帰

還回路のフィルムコンデンサーは日通工業エレクトロニクスのメタライズドポリプロピレン型、初段スクリーンバイパスコンデンサーはシズキのメタライズドポリエステル型です。これらのフィルムコンデンサーは、ほかの製品に取り換えて音の変化を楽しむのもアンプ自作の楽しみです。

ボリュームは比較的安価で、音についても安心できるアルプスのクリック付き RK227 を使いました。クリックについては好みですので、クリックのないものを使ってもかまいません。RK227 には端子がラグのものと基板用ピンがありますが、ラグ端子のほうがハンダ付けは簡単です。

シャシーは奥沢の O-17 という型番のもの (W300 × D200 × H40mm) を使いました。このシャシーはアルミ板の厚さが 1mm しかないので頼りない感じがしますが、後述のゴム脚用の三角のアルミ板をシャシー底の四隅に取り付けるとかなり剛性がアップします。

シャシーが厚いほうが好みの方は奥沢の O-16 か、ノグチトランス販売の SC-30206 を使ってください。高さは 20mm だけ高くなり、ともに 60mm で、アルミの



[写真3] 孔あけ加工, 塗装済みシャーシ. 下はゴム脚を付けた三角形のアルミ板

厚さはそれぞれ1.2mm, 1.5mmと少し厚くなります.

ゴム脚は60×60mmの二等辺三角形の1.5mm厚アルミ板を各コーナーにネジどめし, それに取り付けています. 詳細はシャーシ裏面の写真を見てください. それが面倒な方はシャーシの折り返し部分にネジどめしても構いませんが, 強度が心配ですし, 見た目

もいまいちだと思います.

シャーシ上の部品の配置は, チャンネル当たり出力段とドライブ段の真空管各1本と, 整流管で構成するシンプルな配置としました(写真3). これなら見た目もバランスが取れていますし, 万能型シャーシのレイアウトと自負しています.

主な部品は, 後列から出力ト

ランス, 出力管6V6GT, 初段EF86/6267と並べ, 電源系はシャーシ右側, 電源トランスは後列, 整流管, チョークコイルは前列に配置しました. それに伴い, 電源スイッチは右側前面に, ACインレットとヒューズは右側背面になります. なお, B電源リップルフィルターのケミコンは前述のようにチューブラー型を使い, シャーシ内部に置くことにしました. シャーシの加工図を図4に示します.

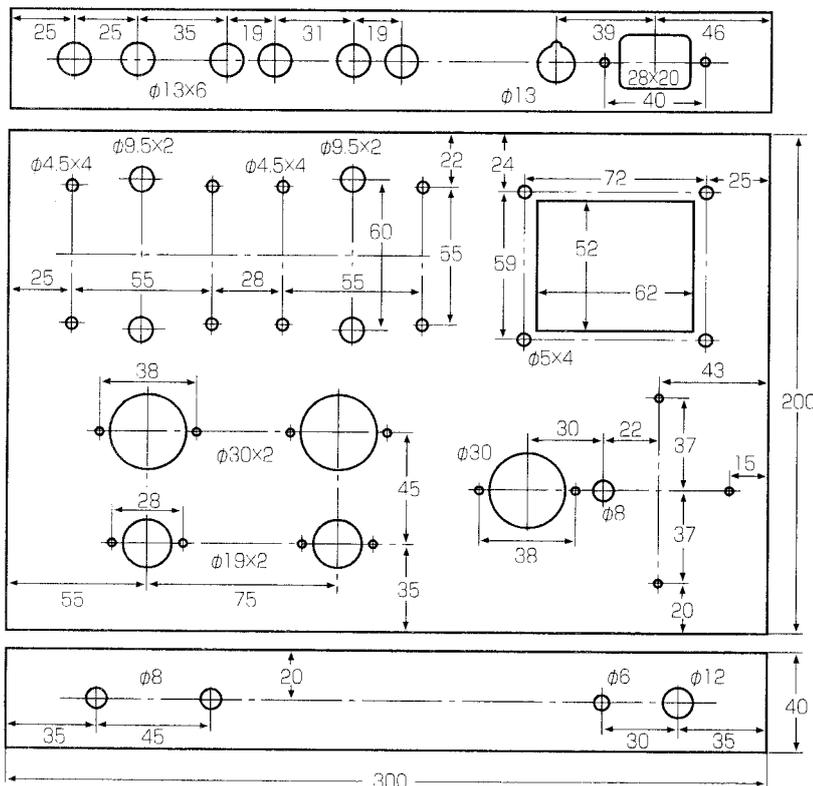
シャーシの塗装は手間のかかる作業なので, なるべく手間がかからなくてきれいに見える方法としてシルバーのハンマートーン塗装としました. これならアルミ表面を紙ヤスリで軽く擦った後, 「ミツチャクロンマルチ」のようなプライマーをごく薄くスプレーするだけで下地は完成. 一度だけ薄めにハンマートーン塗料をスプレーすれば終了です.

使用した部品を購入先を含めて表2としましたので, 購入の際に参考にしてください.

## 製作手順

本機はラグ板を多用して, 誰にでも製作できるようにしました. 定石にしたがって入出力端子, IEC電源コネクター, ヒューズホルダー, 電源スイッチ, LED, ボリューム, さらに真空管ソケットをシャーシに固定するところから始めます.

その際, 4つのラグ板はソケットを固定するネジと共締め, 電源スイッチ近くの一歩端の1つをビス・ナットでシャーシに直接固定します. 電圧増幅段の2つのラグ板は, 片側の1ピンあるいは2ピン分をニッパーで切り落としておきます(図5:9ページのカラ



[図4] シャーシ加工図

[表 2] パーツリスト

種類	適用	数量〔個〕	購入先	コメント
真空管	6V6GT EF86 5Y3GT	1ペア 2 1	クラシックコンポーネンツ クラシックコンポーネンツ	PM本文参照 エレクトロ・ハーモニックス ソヴテック
トランス	電源トランス, PMC-100M 出力トランス, A76048 チョークコイル, PMC-1010H	1 2 1	ノグチトランス販売 染谷電子 ノグチトランス販売	本文末尾参照 10H/100mA
ケミコン	100 $\mu$ F/400V 47 $\mu$ F/350V 22 $\mu$ F/350V 100 $\mu$ F/25V	1 1 1 2	瀬田無線 海神無線 海神無線 桜屋電機店	チューブラー型 ユニコン チューブラー型 ニチコンVX チューブラー型 ニチコンVX チューブラー型 スプラグ500D
フィルムコン	0.22 $\mu$ F/630V 1 $\mu$ F/450V 0.33 $\mu$ F/250V	2 2 2	海神無線 ジャパン・フラッグ ジャパン・フラッグ	ER01839 日通工 エレクトロニクス, FPD2W シズキ TME
抵抗	270 $\Omega$ /5W 270k $\Omega$ /1W 100k $\Omega$ /1W 1k $\Omega$ , 560k $\Omega$ , 1/2W 15k $\Omega$ /5W 33k $\Omega$ /3W 47 $\Omega$ , 1/2W 47k $\Omega$ , 100k $\Omega$ , 1/2W 4.7k $\Omega$ , 1/4W	2 4 2 各2 1 1 4 各1 1	海神無線 海神無線 海神無線 アムトランス 海神無線 海神無線 海神無線 海神無線 海神無線	無誘導巻線型, デール 東京光音電波, SD型 東京光音電波, SD型 アムトランス, AMRS型 酸化金属皮膜型 酸化金属皮膜型 ハムバランス用, 種類不問 ヒーターバイアス用, 種類不問 LED用, 種類不問
可変抵抗器	ボリューム 100k $\Omega$ (A)	2	門田無線	アルプス227G, クリックなしでも可
ソケット	US 8ピン MT 9ピン上付き	3 2	瀬田無線 瀬田無線	QQQ, モールド製 QQQ, モールド製
入出力端子	出力端子 赤 $\times$ 1, 黒 $\times$ 1 RCA入力端子	2組 2	門田無線 海神無線	UJR-2650G スーパーolonJ103G
その他	IEC 電源レセプタクル シャーシ, SC-30204 (300 $\times$ 200 $\times$ 40mm) ツマミ, LEXCM-2S 小型トグルスイッチ, 単極単投 ON-OFF 緑色LED インジケータ ヒューズホルダー (標準, 3Aヒューズ付き) ラグ板1L6P ラグ板1L4P, 1L5P (各1) プラスチックブッシング $\phi$ 9.5 プラスチックブッシング $\phi$ 8 スズメッキ線 $\phi$ 2 配線材AWG20, 5色 シールド線 熱収縮チューブ 結束バンド (8cm) ゴム脚取り付け三角板 (1.5mm厚アルミ) ゴム脚 ( $\phi$ 23) ビスナット $\phi$ 3 (10L)	1 1 1 1 1 5 — 4 1 20cm 適宜 1m 適宜 適宜 1 4 適宜	瀬田無線 ノグチトランス販売 門田無線 門田無線 瀬田無線 瀬田無線 瀬田無線 瀬田無線 西川電子部品 西川電子部品 瀬田無線 瀬田無線	EAC-301 奥沢のシャーシO-16も可, 本文参照 ボリューム用 日本開閉器, M-2011L/B 穴径 $\phi$ 6 サトーパーツF-4000A サトーパーツL-3552-6P 1L6Pをカット, 本文参照  好みのもの  インシュロック 自作, 本文参照

一実体図参照).

続いて、出力トランスとチョークコイルのリード線をシャーシ内に引き込む孔にプラスチックブッシングをはめ込んでから出力トランス、チョークコイル、電源トランスを順次取り付けます。チョークコイル用のブッシングだけは $\phi$ 8mmのものです。

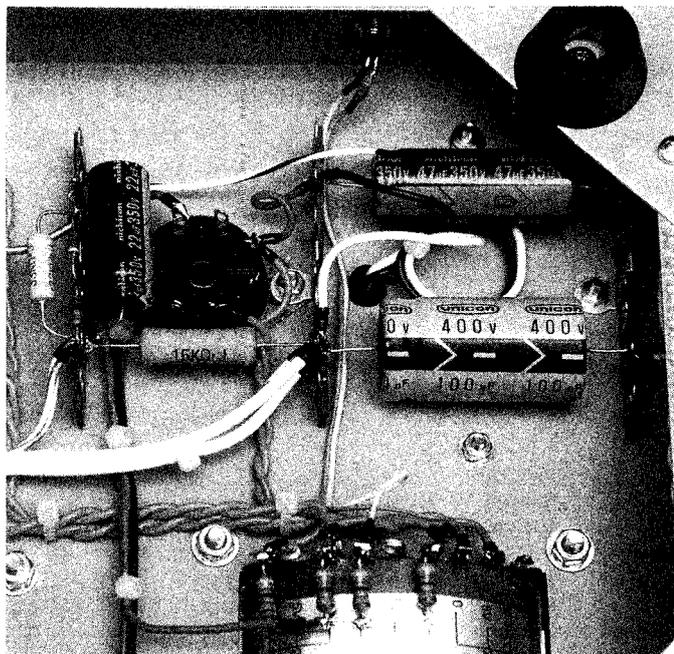
配線は、5つの立てラグ板をうまく使って部品を配線します。 $\phi$ 2mmのスズメッキ線のアース母線を3つの1L6P立てラグ板

の間に張るところから始めます。B電源平滑用のチューブラー型ケミコンはシャーシ内部、チョークコイルの真下のところで2つの立てラグ板の間にハンダ付けし、そのアース側をアース母線に直接配線します。

次に電源まわり、IEC電源コネクターとヒューズホルダー、電源スイッチ、電源トランスの100V巻線端子を配線します。IEC電源コネクターのアース端子は取り付け用のネジのところからシャーシ

に落としておきます。本機には電源オンオフでノイズが出なかったのでスパークキラーを使っていません。気になる方は、電源トランスの100V端子間に並列に配線しておいてください。

6V6GTとEF86のヒーター回路の配線はAWG20の配線材を撚っていますが、ハムの誘導を減らすというよりもわかりやすいことが一番かもしれません。電源トランスの6.3V巻線の2組を左右チャンネルに振り分けて使います。



[写真4] 電源まわりの配線。ヒーターハムバランス用抵抗の47Ωは電源トランスの端子に直付けし、48Vのヒーターバイアスを加えている

ハムノイズ改善のため、写真4のようにハムバランス回路を追加しました。

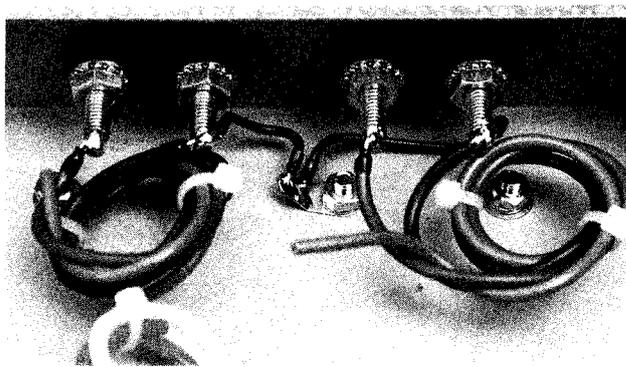
LEDの配線は電流制限用の抵抗4.7kΩをLEDホルダーのところに付けないであります。その抵抗値はLEDの色と明るさ次第で増減して調整してください。

出力トランスはリード線出しなので、写真5のようにいつも1, 2回巻いてから配線していま

す。自分ではもったいないと考えて短くできませんが、ほかの人にはきっぱりと短くすることを勧めます。

出力トランスの0Ω端子は、出力トランスに共締めしたアースラグに落としています(写真5参照)。

RCA入力コネクターからボリュームまではシールド線で配線します。今回使用したボリュームの



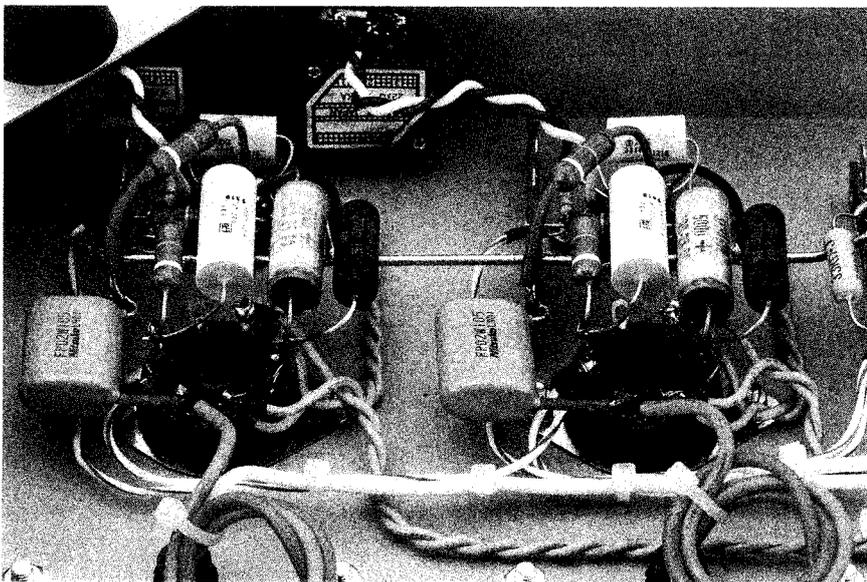
[写真5] 出力トランスのリード線は丸めて配線。2次側0Ω端子は、トランスのネジと共締めした卵ラグにつないでアースに落としている

端子は、ラグ端子になっているので作業をいくらか楽に進めることができました。この部分は、ハンダ付けがやりにくかったらボリュームはいったん外して作業をしましょう。ボリュームから初段第1グリッド、アース母線への配線はシールド線でなく配線材を擦って行いました。

シャシーアースの配線は、Lチャンネルの電圧増幅部近く左端のラグ板のL(アース)端子につなぎます。このL端子はEF86のソケットと共締めになっているので、本体と電気的につながっていることをテスターの導通で確かめておいてください。あらかじめシャシーとの接触部の塗料をよくはがしておくことが大切です。

EF86と6V6GTのソケットあたりで抵抗とコンデンサーがかなり込み合っているように見えますが、下になっているものから順に配線していけば、上から見た印象と違って意外と空いています。ここでわからないところは、カラー実体図と写真6(EF86と6V6GTソケットまわりの配線)を見て確認してください。

写真7は、アンプ内部のようすです。初段管と出力管まわりは多少込み合いますが、シャシ



[写真6] EF86と6V6GTソケットまわりの配線。下にある部品から先にハンダ付けし、上部に位置する部品はアース母線を跨ぐように配線する

ー内部は比較的ゆったりしていますので配線は楽にできるでしょう。

配線が終わったら、ゆっくり落ち着いて配線を確認してください。その後、すべての真空管を挿してから電源スイッチを入れ、配線図に電圧が記載してある箇所をテスターで手早く測定します。このとき、少しでも異常を感じたらすぐに電源スイッチを切って、もう一度配線をチェックしてください。

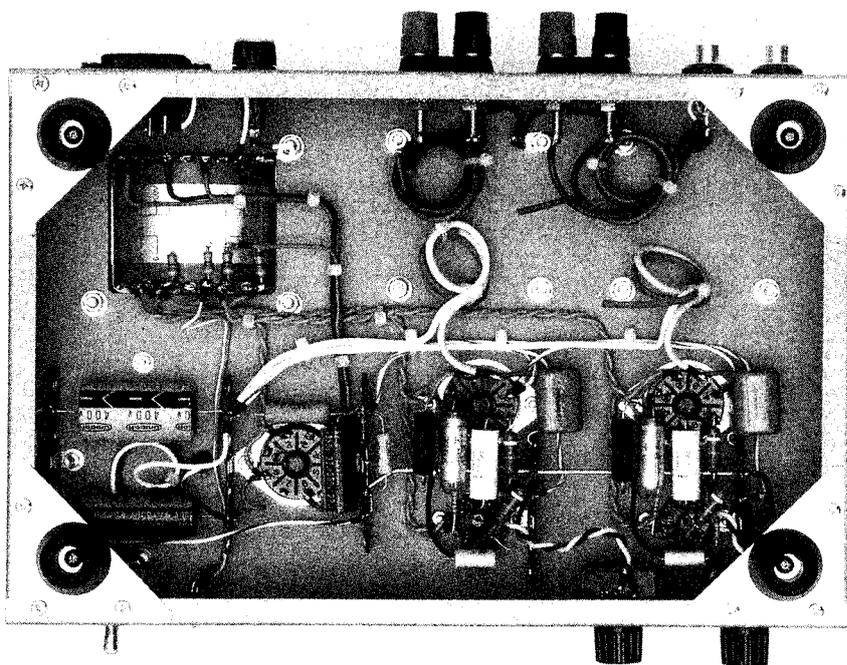
記載した箇所の電圧が5%以内に収まっていればOKです。真空管の特性によりバラツキがあり、実際にこのくらいずれていても動作に問題はありません。

最後に、ゴム脚用三角アルミ板を取り付けます。隅のネジは締めにくいので、板を90°回しておいて緩く締めてから戻し、残りのビス・ナットを締めれば、楽に取り付け作業を進めることができます。その後、この板にゴム脚を付ければ完成です。

## 特性の測定

前述したように、6V6GTの動作はプレート・カソード間電圧が240V、カソード電流が44.4mAなのでプレート損失+スクリーン損失は10.66Wでした。6V6GTオリジナルの最大定格( $P_a = 12W$ ,  $P_{g2} = 2W$ )14Wと比べるとまだ余裕があります。上位互換の定格を持つ6V6EHや6V6Sではかなりの余裕があります。

入出力特性を1kHzで測定した結果を図6に示します。最大出力を歪率4%の点とすると3Wとなり、このときの入力電圧は0.7Vで、適度な感度のアンプに仕上がっています。表1の動作例では最大出力は歪率8%で4.5Wとなっていますが、動作例の歪率8%で比較すれば本機は



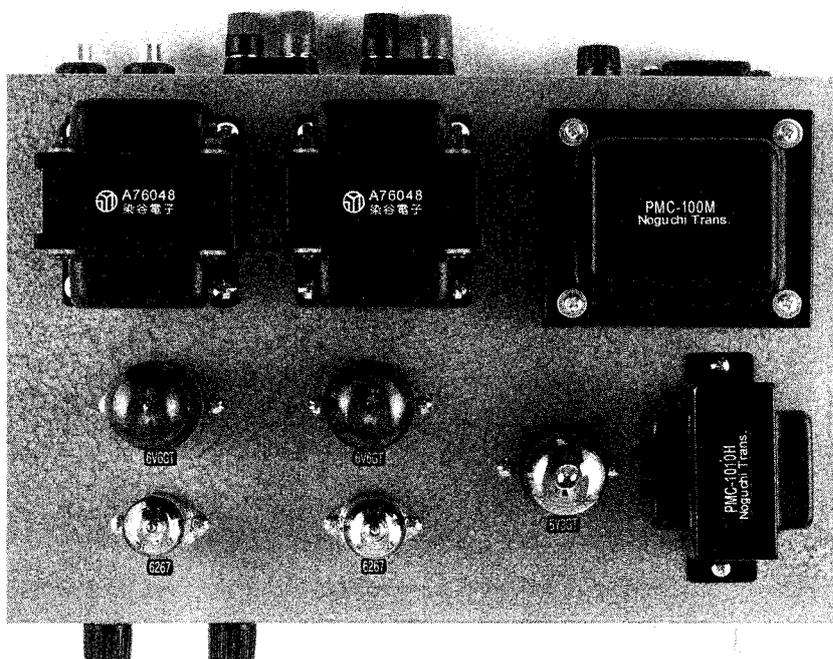
【写真7】 シャシー内部の配線の様子。四隅には、補強兼ゴム脚取り付け用のアルミ三角板を付ける

4.0W となり、多少余裕を持った動作であることを考慮すると妥当なところでしょう。

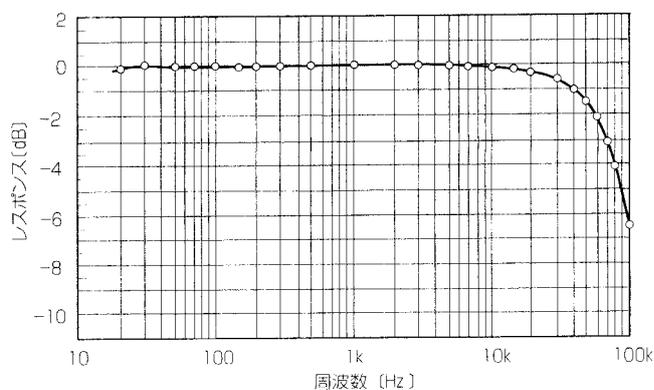
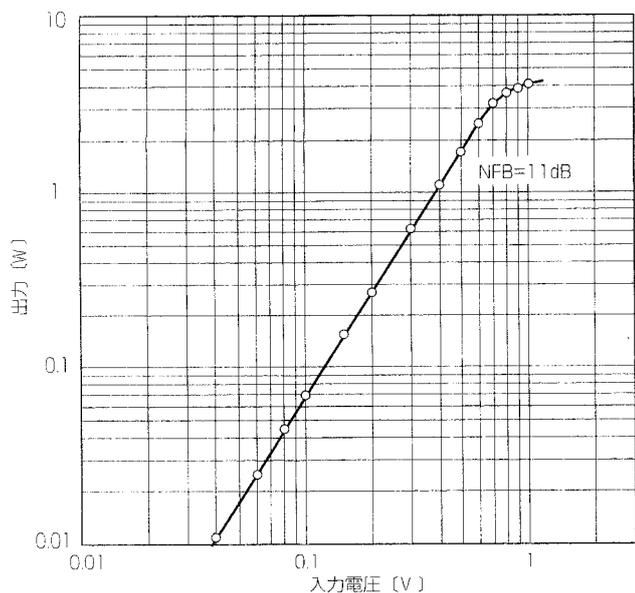
負帰還を11dBかけた状態での周波数特性を図7に示します。出力トランス単体の周波数特性(図3)と比べると、PK帰還により特性が大幅に改善されたことは明らかです。帯域幅は-1dBでおよ

そ10Hz ~ 40kHzなので、必要な帯域幅は十分に確保されています。この特性を見て気が付くのは高域にピークが見当たらないことで、カーブが素直に低減しているのは動作の安定性と音質の両面で大切なことです。

ダンピングファクター(DF)をオン・オフ法により測定した結

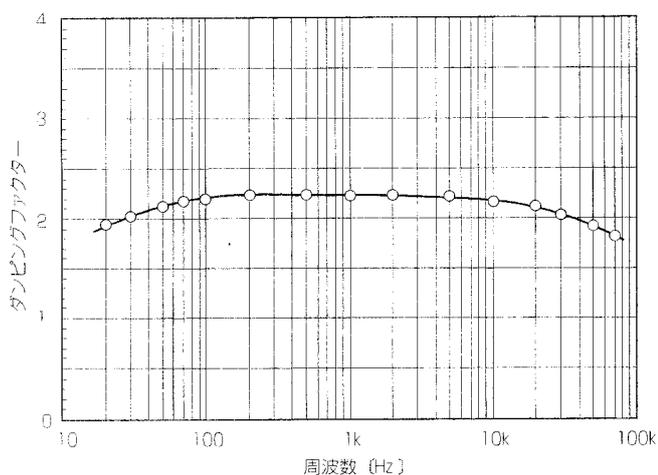


【写真8】 シャシー上面の配置。信号の流れの通り、初段管、出力管、出力トランスは一直線に並べている。整流管、チョークコイル、電源トランスは右側に配置

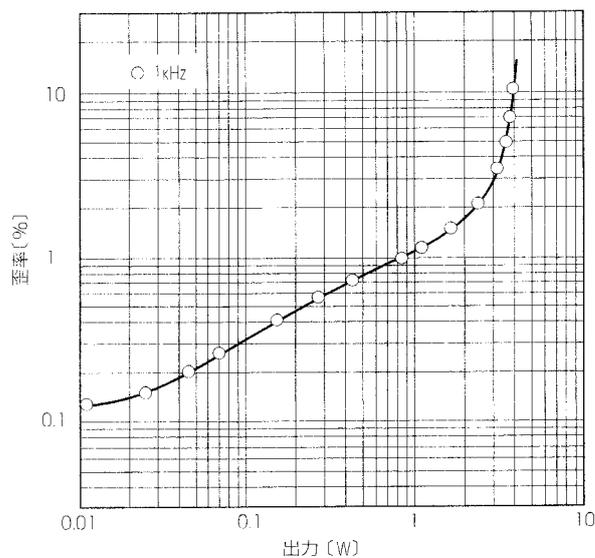


[図 7] 周波数特性 (0dB = 0.15W)

[図 6] 入出力特性 (8Ω 出力, 1kHz)



[図 8] ダンピングファクター特性



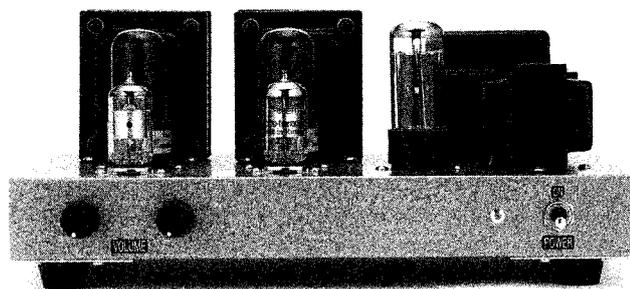
[図 9] 無帰還のときの歪率特性 (1kHz)

果を図8に示します。中域周波数で2.25なので十分とはいえないものの、必要なダンピング量は確保できています。負帰還量の増加で、もう少しDFを大きくするこ

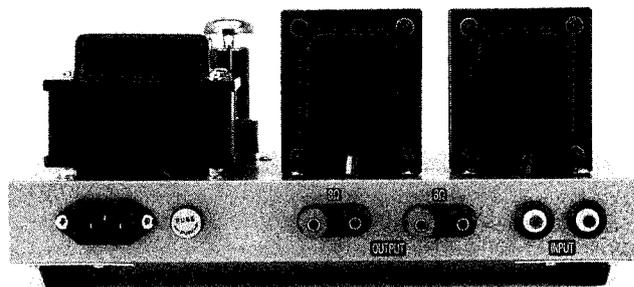
とは可能でしたが、ヒアリングでこの値としました。

1kHzで測定した歪率(400Hzローカットフィルターを使用)を図9に示します。全体的な変化

は、出力の増大とともに歪率が次第に増加するという、無帰還あるいは負帰還量の小さなアンプのそれとなっています。



[写真 9] 完成したアンプの正面。左にレベル調整用VR、右側には電源スイッチとLEDランプ



[写真 10] アンプの背面。左から電源コネクタ、ヒューズホルダー、出力端子、入力端子

## 方形波応答波形

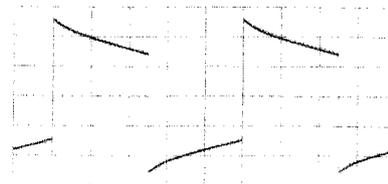
100Hz, 1kHz, 10kHz の方形波応答波形を図10に示します。それぞれの応答波形は周波数特性から予想されるものになっています。ただし10kHzの波形には小さなリングングが見受けられ、その周期から考えると図7の周波数特性の測定範囲外の200kHz付近に小さなピークがあるようです。

本機は11dBの局部帰還をかけているとはいえ、出力トランスが負帰還ループの外にあるので、動作は十分に安定なはずですが、それでも念のため負荷開放と、8Ωに0.22μFを並列とした容量性負荷、および0.22μFのみの容量負荷でも方形波応答波形を観測しました。図11に示した波形では、開放と容量性負荷では純抵抗負荷との違いはほとんどありません。また、容量負荷の場合はリングングが多少大きくなるもののすぐに収束し、安定性に問題は見られません。

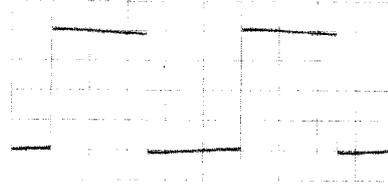
## 試聴とまとめ

本機のような初心者志向の小型アンプは、残念ながら発表会で聴いていただく機会がなかなか無いのが実情です。それではアンプが可哀想なので、5月18日に長野県南箕輪村村民センターで催された「MJ 執筆者とオーディオクラブのジョイントコンサート」で思い切って聴いていただくことにしました。

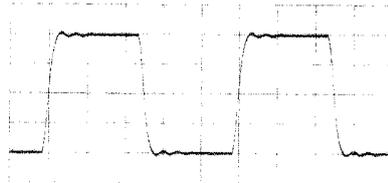
発表会ではParadise Laurie Allyn (Laurie Allyn) MZCS-1124, ミラノ・パリ・ニューヨーク (Sir Roland Hanna Trio) VHCD-78060, ハイドン/ヴァイオリン協奏曲ハ長調 (カルミニョーラ vn) ARCHV 477 8774



(a) 100Hz



(b) 1kHz



(c) 10kHz

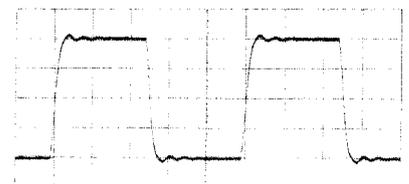
[図10] 8Ω 純抵抗負荷における方形波応答波形

の3枚のCDから1曲ずつ聴いていただきました。参加者の皆様から高く評価していただき、報われる思いでした。

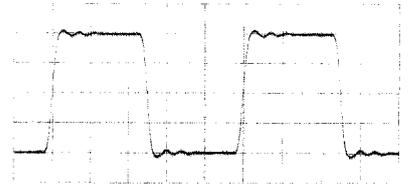
なお、「MJ 執筆者とオーディオクラブのジョイントコンサート」で使用した出力トランスは最終試作品で、最終的には市販品のトランスが届きましたので、試作品のトランスから市販品に換装して本稿の試聴を行いました。

南箕輪村村民センターでのCDを改めて自宅で聴き直してみました。ついゆったりと聴いてしまう温かみのある女性ヴォーカル。そして低域でも混濁することなく弾むような躍動感に溢れたベースの音。艶のあるヴァイオリンの音色。弦合奏の豊かな響きが印象的でした。音楽を奏でてくれるアンプというコンセプトに沿ったアンプに仕上がっています。このアンプ、情報量が多だけでなく雰囲気表現するのが上手ですね。

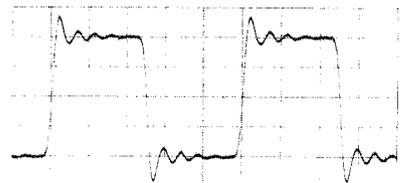
このアンプの音質は6V6GTの



(a) 開放



(b) 8Ω//0.22μF



(c) 0.22μF

[図11] 負荷開放と容量性負荷負荷での方形波応答波形

素性がよいことに加えて、初めて使用した染谷電子の出力トランスのバランスの良さによっていると感じています。回路としてはNFBをオーバーオールでなくPK帰還としたことが効果的だったようです。初心者向けにもかかわらず、音のよいアンプなので追試をお勧めします。

試聴はCDプレイヤー：DCD S10 III -L, 自作ラインアンプ(発表予定), スピーカー：アルテック604-8Hのウーファー+アルテック802D/811Bホーン+コーラルH-100(ネットワークは自作), サブスピーカー：Acoustik Lab. “ボレロ”で行いました。

なお、使用した出力トランスA76048は、以下で購入できます。  
株式会社 染谷電子  
〒335-0011 埼玉県戸田市下戸田1-18-19  
TEL: 048-445-1440, FAX: 048-441-6876  
URL: <http://www.someyadenshi.co.jp>

# 真空管アンプ作り入門教室

2025. 8.24

手順	方法・考え方	注意事項	メモ
1	回路図を決定 どんな回路にするのか		
2	設計図を書く 穴開けの為の実体図を作る 部品の収集 ボリューム・スイッチ類の回り止め穴 トランスの向きを考えているか ソケットの止め穴の位置確認 コンデンサと文字の位置 ラゲ板の穴は？ ベーク板の利用	部品のサイズを計る 埋め込みか、上置きか、内蔵か、 共有できない時その位置は？ 空間の有効活用ができる	
3	穴開け バリ処理は必ず丁寧に トランス類の穴位置調整 センターポンチの活用	直角・平行を心がけ微調整 穴がずれない為	
4	塗装 サグシャーシ トランス類、コンデンサの取り付け金具 ネジ頭 アース部分は塗装をはがす又はマスキング		
5	部品取り付け 導通部には菊座ワッシャーを使う ネジは3mm、4mm径を使用 ネジは適度の長さを使用	導通試験をする 古いねじにはピッチ違いに注意 穴が大きい場合はワッシャーを入れる	

		スタンディングポストの有効活用		
		スイッチ類の選択と耐圧確認	AC125V6A以上を	単極単投/双投 2ポジション
		トグル/スナップ ロータリー	信号回路は耐圧より確実性重視	2極単投/双投 3ポジション
				3極単投/双投
		Wワットの大きい抵抗の発熱対策	放熱板に取り付け/その穴は?	電解コンデンサも同様
		真空管ソケットやロータリースイッチ	新品を使う	
6	配線	配線材は別紙	耐熱、耐電流を考慮	
		抵抗Rの計測確認	3.6KΩと36KΩ、100Ωと100KΩ	
		抵抗は発熱体	プレート抵抗は大きい耐圧で	
		CR類は標記が見えるように		
		直線を意識した配線を		
		信号ラインには気を付ける	入出力は90~180° 向きを変える	
7	計測	ダミー抵抗を撃つ 8Ω50W		
	真空管	足を磨く ピン矯正		

参考・Yahoo検索

op316.com → 私のアンプ設計&製作マニュアル-My Tube Amp Manual → ブックマーク

林 正樹 真空管 → (一番上)真空管アンプメーカー:音の工房\*\*\*\*\*

林 正樹 真空管 → (3番目)超初心者のための真空管アンプの工作・原理・設計まで → ブックマーク

## 4. 抵抗値と計算

抵抗値は、

「 $\Omega$  (オーム)」

で表します。オーディオ回路で使う抵抗値の範囲は、 $0.1\Omega \sim 10,000,000\Omega$  くらいの範囲です。 $1,000\Omega$  という書き方はせずに、こういう場合は  $1k\Omega$  と表記しますし、 $\sim 10,000,000\Omega$  は  $10M\Omega$  と表記します。

$$1M\Omega = 1000k\Omega$$

$$1k\Omega = 1000\Omega$$

$$1\Omega = 1000m\Omega$$

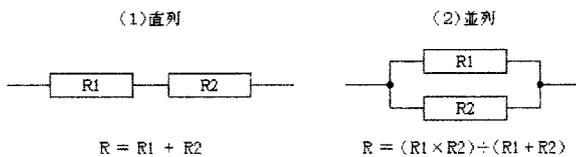
の関係があります。 $M\Omega$  は「メガオーム」、 $k\Omega$  は「キロオーム」、 $m\Omega$  は「ミリオーム」と読みます。

オーディオ回路では特に発熱が大きくない限り  $1/4W$  型や  $1/2W$  型の抵抗器を使います。このような小型抵抗器には、廉価なカーボン抵抗器ややや高価けれども高精度でノイズが少ない金属皮膜抵抗器があります。これらの抵抗器で得られる抵抗値は「 $1\Omega \sim 1M\Omega$  ( $10M\Omega$ )」くらいの範囲です。 $1W \sim 5W$  くらいの中電力型の酸化金属皮膜抵抗器では「 $0.1\Omega \sim$  数百  $k\Omega$ 」くらいの範囲のものが作られています。セメント抵抗器になると  $2W \sim 20W$  くらいのもので市販されており抵抗値「 $0.1\Omega \sim$  数  $k\Omega$ 」の範囲です。しかし、カーボン抵抗器では需要が少ない  $1M\Omega$  よりも大きな値のもの、酸化金属皮膜抵抗器では  $100k\Omega$  より大きな値のものは店頭在庫がないこともあります。

抵抗器については [こちら](#) にも説明があります。

### 合成抵抗値の計算

2本以上の抵抗が組み合わさった状態での合成抵抗値の計算では、単純に「直列」の場合と「並列」の場合に分解して計算してゆきます。



「直列」の場合 (上図左) :

これは簡単です。ただ足し算すればいいだけです。

$$R = R_1 + R_2$$

$1k\Omega$  の抵抗を2個直列につないだら  $2k\Omega$  になりますし、 $1k\Omega$  と  $10k\Omega$  とを直列につないだら  $11k\Omega$  になります。

「並列」の場合 (上図右) :

これはちょっと面倒くさいですが、慣れればどうってことはありません。「掛けた結果」を「足したもの」で割ればいいだけです。

$$R = (R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2)$$

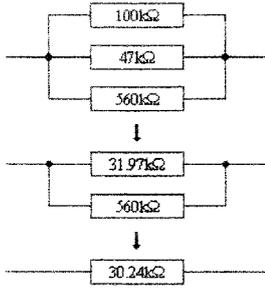
$1k\Omega$  の抵抗を2個並列につないだら  $500\Omega$  になりますし、 $1k\Omega$  と  $10k\Omega$  とを並列につないだら  $909\Omega$  になります。この計算は2個以上の抵抗器を使った場合だけでなく、回路設計上、そこに抵抗器がなくても抵抗器があるかのように計算する機会が多いので上記の式は必ず暗記して、自在に使えるようにしてください。

こういう計算は、電卓を使って何度も、何度も、何度も、何度も、何度も・・・小学校の時の計算の練習と同じですな・・・繰り返し練習することで、知らない間に指と電卓が一体となってくれるようになります。(ほんとは、

電卓よりも計算尺の方がはるかに速いんですけどね。)

## 例題

では、並列になった3本の抵抗器の抵抗値はどうやって求めたらいいでしょう？



並列になった3本以上の抵抗器の抵抗値を求めるには、まず、そのうちの2本の並列抵抗値を計算し、そこで得た結果と次の1本との並列抵抗値を計算し・・・という作業を繰り返すのがもっとも簡単でわかりやすいです。欲張ってはいけません。

## 手持ちの部品で希望する抵抗値が得られない時

正確に「34kΩ」の抵抗値が欲しい場合、後述するE24系列には「34」という値は存在しませんので2個以上の抵抗を組み合わせる工夫をします。「33kΩ」と「1kΩ」を直列にして34kΩにしてもいいし、2個の「68kΩ」を並列にしても34kΩにすることができます。

120kΩで5W型が欲しい場合では、このような大きな抵抗値の5W型抵抗器は入手が困難ですから、「62kΩ、3W型」を2個直列にしてほぼ希望の抵抗値を得るようにします。この時、「100kΩ+20kΩ」の組み合わせにしてしまうと、100kΩ側に電力の83%が集中してしまうので3W型では足りませんから注意してください。

複数の抵抗器を組み合わせる場合は、1本1本にどれくらいの電圧がかかり、どれくらいの電流が流れて、消費電力がどうなるかを必ずチェックします。

 [私のアンプ設計&製作マニュアル](#)に戻る

## 5. コンデンサ値と計算

コンデンサの容量は、

### 「F (ファラッド)」

で表します。しかし、「F (ファラッド)」という容量は非常に大きく、オーディオアンプで使うコンデンサはその百万分の一の「 $\mu\text{F}$  (マイクロファラッド)」やその千分の一の「 $\text{nF}$  (ナノファラッド)」そのまた千分の一の「 $\text{pF}$  (ピコファラッド)」で表記します。「 $\text{mF}$  (ミリファラッド)」というのもありそうに思いますがミリは使われません。

$$1\text{F} = 1000000\mu\text{F}$$

$$1\mu\text{F} = 1000\text{nF}$$

$$1\text{nF} = 1000\text{pF}$$

$$0.000001\text{F} = 1\mu\text{F}$$

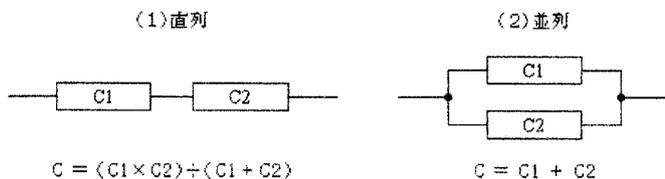
$$0.001\mu\text{F} = 1\text{nF}$$

$$0.001\text{nF} = 1\text{pF}$$

の関係があります。日本では「 $\text{nF}$  (ナノファラッド)」が使われることはまれで、 $1\text{nF}$ のかわりに $0.001\mu\text{F}$ あるいは $1000\text{pF}$ と表記するのが一般的です。当サイトもこの表記で統一しています。しかし、「 $\text{nF}$  (ナノファラッド)」に慣れておけば欧州の回路図を見た時に戸惑うことがなくなります。

### 合成容量値の計算

こんどは2本以上のコンデンサが組み合わさった状態での合成容量値の計算です。これも単純に「直列」の場合と「並列」の場合に分解して計算してゆきます。



「直列」の場合：

抵抗と反対で、コンデンサでは直列の場合が「掛けた結果」を「足したもの」で割る、になります。

$$C = \frac{C1 \times C2}{C1 + C2}$$

たとえば、 $100\mu\text{F}$ のコンデンサを2個直列にすると $50\mu\text{F}$ になりますし、 $100\mu\text{F}$ と $47\mu\text{F}$ を直列にすると $32\mu\text{F}$ になります。しかし、一般にはコンデンサの直列使用はまずやりません。 $50\mu\text{F}$ くらいの容量が必要な時、より大型の $100\mu\text{F}$ を2個直列にするまでもなくより小形の $47\mu\text{F}$ が1個あれば足りるから

です。しかし、回路や部品の都合でこのような使い方もありえますので一応覚えておいてください。

### 「並列」の場合：

これは簡単です。ただ足し算すればいいだけです。

$$C=C1+C2$$

コンデンサの並列使用は頻繁に行われます。100 $\mu$ Fを取り付けたところちょっと容量が足りない、なんていう時は横に100 $\mu$ Fをもう1個並列に追加してやれば200 $\mu$ Fになります。平たいケースに入れたい場合には、1個の大型コンデンサではなく並列にした複数個の小形コンデンサにした方が都合が良かったりします。1300pFという中途半端な容量が欲しい時に1000pFと330pFを並列にして必要な値にするということもよく行われます。また、同じ容量なら複数個のコンデンサを並列にした方が性能的に有利なことも多いです。

これで、抵抗とコンデンサの値の計算のやり方がわかりました。このあたりの知識はたいへん基本的ですから、繰り返し繰り返し練習するようにしてください。この辺でもたもたしていると、本当の設計のところでのお楽しみが半減してしまいます。

### 手持ちの部品で希望する容量値が得られない時

コンデンサ容量は、回路の場所によって正確かつ希望するある値のものが欲しいケースと、だいたいある値の範囲であれば足りるケースとがあります。前者の代表的なケースは、PHONOイコライザにおけるRIAAイコライジング回路で使用するコンデンサです。

NF型PHONOイコライザの場合、イコライジング素子とし最低でも2個のコンデンサを使いますがその値はたとえば「0.0022 $\mu$ F」と「0.0082 $\mu$ F」という風になります。0.0022 $\mu$ Fの入手は容易だと思いますが、0.0082 $\mu$ Fが店頭で見つからないことがあります。このような場合、入手容易な0.0068 $\mu$ Fと0.0015 $\mu$ Fを並列にすることで0.0083 $\mu$ Fにできるのでほぼ希望値を満足することができます。

コンデンサを並列にした場合は、すべてのコンデンサに同じ電圧がかかるので、耐圧はみんな同じものがが必要です。異なる耐圧のコンデンサを複数並列にした場合は、耐圧がいちばん低いものが基準になります。

コンデンサを直列にした場合は話は厄介です。コンデンサは名目上は直流は流れませんが、実際には微量の電流が流れることがあります。この値はまちまちなので直列になった2個のコンデンサに電圧が1/2ずつかかるという保障はありません。従って、複数のコンデンサを単純に直列にする場合は、すべてのコンデンサが耐圧を満足している必要があります。

特殊なケースとして、電源電圧が600Vあるようなアンプでは、一般に入手容易な電解コンデンサの耐圧は450Vか500Vどまりなので、電源のリプル・フィルタに使うコンデンサは400V耐圧のものを2個直列にして耐圧を稼ぎます。この場合、それぞれのコンデンサに均等の電圧がかかるように、コンデンサごとに680k $\Omega$ 1/2Wくらいの抵抗を並列に抱かせます。こうすることで、2個のコンデンサにかかる電圧を強制的に300Vにしてやります。但し、この手はコンデンサと並列に抵抗を入れて少々電流が流れてもかまわない電源回路くらいしか使えません。

## 配線材の選択と使い方

### 線径とAWG

電気ケーブルは基本的に銅を導体としていますが、その太さは断面積で表します。面積のことを英語でスクエア・メートルと言いますが、線材の場合はスクエア・ミリメートルで表記し、一般に「何スクエア (Sq)」という風に言います。電線屋さんに行って「0.3スクエアの撚り線をください」と言えば大体話が通じます。秋葉原の線材屋さんの店頭には、0.15スクエア、0.18スクエア、0.3スクエア、0.5スクエアあたりが並んでいます。私が最もよく使うのは0.18スクエアで、場面によって0.1スクエア、0.3スクエア、0.5スクエアあたりを使い分けています。

Wikipediaによると、AWG (米国ワイヤゲージ規格、American wire gauge) は断面が円形で、固体、非鉄金属、電気伝導体の) ワイヤのUL規格であると書いてあります。日本では上記のスクエアで表記された線材とAGW表記の線材の両方を売っています。

ご注意：表のデータは一般的な概略値で、実際の値は各メーカーごとに微妙に異なります。記事中の計算値も同様です。

AWG	スクエア (Sq)	断面積	線径 (mm)	抵抗値 (Ω/m)	抵抗値 (mΩ/cm)	最大電流 (A)	Note
-	-	0.035	-	0.487	4.87	0.6	35μ厚×1mm幅の基板ストリップ。
-	-	0.062	0.28	0.275	2.75	1	0.28mm径のジャンパー線。
28	-	0.081	0.32	0.213	2.13	1.4	-
27	-	0.1021	0.3607	0.169	1.69	1.7	-
-	-	0.124	0.28×2本	0.138	1.38	2	0.28mm径のジャンパー線×2本。
26	-	0.1288	0.4094	0.134	1.34	2.2	-
25	-	0.1623	0.4547	0.106	1.06	2.7	-
-	0.18	0.18	0.4789	0.101	1.01	2.8	HKV、頒布しているもの。
24	-	0.2047	0.5105	0.084	0.84	3.5	-
23	-	0.2581	0.5733	0.067	0.67	4.7	-
-	0.3	0.3	0.6182	0.062	0.67	5	KV、頒布しているもの。
22	-	0.3256	0.6438	0.053	0.53	7	-
21	-	0.4105	0.7229	0.042	0.42	9	-
-	0.5	0.5	0.798	0.038	0.42	10	-
20	-	0.5174	0.8118	0.033	0.33	11	-
19	-	0.6529	0.9116	0.026	0.26	14	-
18	-	0.8226	1.024	0.021	0.21	16	-

### 撚り線と単線

単線は単純に太さと断面積 (スクエア) で表記できますが、撚り線はどれくらいの太さの線 (素線) を何本集めたのか (素線数) という表示をします。たとえば、頒布しているAISAN HKVおよびKVは、以下の通りです。

HKV： 0.18スクエア、0.18mm径×7本

KV： 0.3スクエア、0.18mm径×12本

実際に計算してみましょう。

HKV：  $(0.18\text{mm} \div 2) \times (0.18\text{mm} \div 2) \times 3.14 \times 7 = 0.178$

KV：  $(0.18\text{mm} \div 2) \times (0.18\text{mm} \div 2) \times 3.14 \times 12 = 0.305$

撚り線には、素線にスズメッキを施したものとメッキなしのものがあります。同じ太さであればスズメッキありの方が銅の量が少なくなるので抵抗値は数%程度高くなりますが一般的な数字はありませんので、気になる方は各メーカーのデータを自力で調べてください。

たとえば、線材屋さんで0.18スクエアのHKV注文する時は、0.18スクエアのつもりで「コンマ18のケーブルをください」と言うとお店の人は混乱し苛立ちます。0.18mm径を使った撚り線なのか、それを何本撚ったものなのか、はたまた0.18スクエアのことなのか、撚り線なのか単線なのかかわからないからです。「コンマ18の7のビニル線をください」という風に言えば、欲しいのは単線ではなく撚り線であり、0.18mm径を7本束ねた0.18スクエアであることが一発で特定できます。なお、0.18/7という風に表記しているメーカーと、7/0.18という風な表記のメーカーがあります。

私は1998年頃までは、アンプ内に配線は単線をよく使っていましたが、しなやかさがなく、からげる時の作業性が悪い、ハンダごてで熱した時に熱が伝わりすぎてビニル被覆がめくれやすい・・・といった理由で撚り線に変更しました。撚り線を使う場合は、ヒゲが出ないようにするためにビニル被覆をむいてから心線をねじった上で薄くハンダメッキの下処理をしています。

### 電流を考慮する・・・消費電力と熱

線材は太いものほど抵抗値が小さくなり、流せる電流も大きくなります。たとえば、0.18スクエアでは1mあたり0.101Ωですが、この線材に1Aを流した時と、3Aを流した時にどうなるか計算してみましょう。消費電力 (P) は、

$$P=1A \times 1A \times 0.101\Omega = 0.101W$$

$$P=3A \times 3A \times 0.101\Omega = 0.909W$$

となります。0.1W程度であれば線材がほんのり暖くなる程度ですが、0.9Wほどの電力消費になると過熱して芯線は触れないくらい的高温になります。いまどきの抵抗器は100°Cの温度に耐えますし、アルミ電解コンデンサも通常品でも85°Cです。線材のビニル被覆の耐温度は60°C (KV) ~75°C (HKV) というのが標準的ですから案外熱に弱いのです。0.18スケアの線材の最大電流の2.8Aが温度で決められたということがよくわかります。

線材は熱を出すのだということはよく考えておく必要があります。線材の最大電流値は発熱量を根拠に決められていますが、その値は通風が良いことが条件です。周囲の温度が高かったり通風が悪い場合は、最大電流を流すことができません。若い頃のことですが、0.5スケアの線材に許容電流の70%である7Aを流しておき、これを束ねてゴムで縛っておいたところ数分もしないうちにジリジリと音が出て煙が出てきて真っ青になった経験があります。

## 電流を考慮する・・・電圧降下

次に、線材における電圧降下 (E) ですが、0.18スケアの1mの線材に1Aを流した時と、10Aを流した時にどうなるか計算してみましょう。電圧降下 (E) は、

$$E=1A \times 0.101\Omega = 0.101V$$

$$E=10A \times 0.101\Omega = 1.01V$$

となります。この電圧が問題になるかどうかは回路条件によって変化し一律ではありません。250Vの電源電圧が0.1Vくらい下がったところで別に問題ない、というケースもあると思います。6.3Vのヒーター電源であれば、6.2Vに下がってしまうのでちょっと困りますね。AC100Vのケーブルを何十メートルも延長して使うと、最大電流以内であっても電圧が異常に下がってしまうようなことが起こります。流す電流が十分に線材の許容電流以下であっても、回路条件によってはダメだというわけです。

スピーカーケーブルとして5mの長さになったら抵抗値は0.505Ωにもなりますから流石にまずいでしょ。8Ωのスピーカーに対してダンピングファクタが100あるアンプであっても、スピーカーケーブルの抵抗成分のせいでダンピングファクタは13.7まで落ちます。この場合の電力ロス11.5%です。もし片道が5mなのでしたら、線の長さは「往復」で10mになりますから、総抵抗値は1.01Ωということになり、電力ロスはなんと21%にもなり、ダンピングファクタは7.3まで落ち込みます。

アースラインだったらどうでしょうか。アースラインに1Aが流れていて10cm先でアース電位が0.01V変わってしまったらノイズや機器の誤動作の原因になります。真空管式のミニワッターの整流回路のリプル電流は100mAくらいですが、これがアースラインの中を流れると容易に1mVくらいのリプル電圧が生じます。アースの引き回しが悪くてその1mVのリプル電圧がアンプの増幅回路のアースを横切ったらどうなるでしょう。このような状態を「共通インピーダンス」といいます。増幅されてスピーカー端子から数mVのハムが出てきたらアンプとしては使い物になりません。1mVであったとしても、ハムが気になってNGだと思います。

## 共通インピーダンス

共通インピーダンスは線材の抵抗成分があることによって生じる現象です。共通インピーダンスの典型的な例は、ヘッドホンのケーブルにみることができます。ヘッドホンケーブルの多くは、Hot側が左右別の線ですがCold側は1本の線を左右共通にして使っています。このCold側の線には左右両方の信号電流が流れますが、この線材に存在する抵抗成分が共通インピーダンスです。これがあることで左右チャンネル間でクロストークが生じますね。共通インピーダンスはアンプ内の配線でも生じます。アースの引き回しが悪くてハムが出たり左右チャンネル間クロストークが悪化するの共通インピーダンスが犯人です。

共通インピーダンスで特に注意しなければならないのはプリント基板です。プリント基板のパターンの銅箔の厚さは標準で35μと非常に薄いものです (特注で70μというのもあります)。35μの厚さで1mm幅のストリップの断面積はたったの0.035スケアです。1cmあたりの抵抗値は5mΩほどありますから、普通に使っている線材と比べて一桁大きく、基板パターンのそこいらじゅうに低抵抗の抵抗器が分散していると考えていくくらいです。そのため、普通に配線した時は問題がなかったのに、プリント基板に置き換えたならたちまちトラブル続出で性能が出ない、ということが起こります。大奮発して5mm幅にしたとしても、それでようやく0.19スケア並みにしかありません。

## 実装の作業性を考慮する

オーディオの世界ではいろいろな人がいるようで、細い線材だと音が細くなると思い込んでいて、線材が太いことに執着する人が結構多いようです。しかし、線材の太さで音質が変わるようなことはありません。そもそも配線材は太ければいいというものではありません。太い線材は、スイッチなどの端子の穴に入らない、かさばる、ハンダづけがきれいに仕上がらない、ハンダが太って誤接触の原因になるなどのデメリットもあります。私が何故配線のほとんどに0.18スケアを使うのかには理由があります。これくらいが、太過ぎず細すぎずで最も作業性が良く、電気的にもほとんどの場面で十分であるからです。

ものごとを感覚的にとらえるのではなく、線材の抵抗値をちゃんと理解&把握し、そこに流れる電流値を考え、さらにどのように実装し配線するのかを考えてください。そうすれば、無闇に太い線材を使ってベテランから冷やかな目で見られることもなくなります。

## 2. E系列

### E系列とは

コンデンサや抵抗器等の電子部品の値はかなり広いレンジにわたって必要になります。たとえば、オーディオ回路で使用する抵抗器の値は、

0.1Ω~1Ω~10Ω~100Ω~1kΩ~10kΩ~100kΩ~1MΩ~10MΩ

くらいの範囲ですから10の8乗（×100,000,000）のレンジになりますし、コンデンサでは、

10pF~100pF~1000pF~0.01μF~0.1μF~1μF~10μF~100μF~1000μF  
~10000μF

の範囲だけでみても10の9乗（×1,000,000,000）ものレンジになります。この広い範囲のなかでさまざまな値が必要になってきます。これを、無駄無く合理的に値を配分したのが「E3~E192」と呼ばれる「抵抗器及びコンデンサの標準数列」体系（JIS C 5063:1997 (IEC 63:1963)）です。

E3	E6	E12	E24
-	-	許容差±10%	許容差±5%
1.0	1.0	1.0	1.0
			1.1
		1.2	1.2
			1.3
	1.5	1.5	1.5
			1.6
		1.8	1.8
			2.0
2.2	2.2	2.2	2.2
			2.4
		2.7	2.7
			3.0
	3.3	3.3	3.3
			3.6
		3.9	3.9
			4.3
4.7	4.7	4.7	4.7
			5.1
		5.6	5.6
			6.2
	6.8	6.8	6.8
			7.5
		8.2	8.2
			9.1

### E3、E6、E12、E24

1~10の間を等比間隔で3つに分割したのが「E3」と呼ばれる系列です。

1.0、2.2、4.7、そして10

に繰り上がります。1~10の間を等比間隔で6つに分割したのが「E6」と呼ばれる系列で、

1.0、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8、そして10

に繰り上がります。「E6系列」では、0.22μFの次は0.33μFになり、470μFの次は680μF、という風にどんなレンジであっても常に上2桁はE6系列上の決まった値になります。許容誤差が比較的大きいアルミ電解コンデンサの容量はE6系列が普通でしたが、高精度のものが容易に製造できるようになったので、E12系列のアルミ電解コンデンサも普通に見かけるようになりました。

「E12系列」では、10倍のレンジをおおよそ12等分しています。10の次は12、22の次は27という風に、その間隔は1.2~1.25倍です。これは、許容誤差10%（K級）の抵抗器等に都合の良い間隔です。フィルムコンデンサなどもこの系列を採用しているものが多いです。E12系列は基本中の基本ですので、自作されるのであれば必ず暗記してください。

「E24系列」は、E12系列の間隔を更に半分にしたもので、許容誤差5%（J級）の部品がこれを採用しています。E12系列を暗記した人であれば、E24系列まで暗記するのは苦にならないでしょう。

### E48、E96、E192

E48以上の系列は市販されていませんし、オーディオ回路では現実的でないので説明は省略です。

## スピーカーのインピーダンス・・・4Ωか6Ωか8Ωか

### スピーカーのインピーダンス公称値いろいろ：

現在市販されているほとんどのスピーカーのインピーダンスの公称値は、2Ω、4Ω、6Ω、8Ωの3種類のいずれかだといっているでしょう。何故なら、オーディオアンプの多くはインピーダンスが4Ω～8Ωのスピーカーを想定して回路設計されているからです。古いスピーカーだと16Ωというのがあります。30年ほど使い続けているRogers LS3/5Aは15Ωと表記されています。カーステレオ用のスピーカーの多くは4Ωですが2Ωもたくさんあります。何故、カーステレオ用に限って2Ωがあるのかについては後述します。

### これがわからないと話にならない・・・電圧と出力の関係：

アンプのスピーカー端子から出力されるのはオーディオ信号、すなわち交流の電力です。今、アンプのスピーカー端子に4Vの信号電圧が出ているとします。ここにインピーダンスが異なる（2Ω、4Ω、6Ω、8Ω）スピーカーをつないだら何Wのパワーが得られるか計算してみます。これを求める式は以下のとおりです。（参照ページ：[オームの法則その2](#)）

$$P = E^2 / R \dots (\text{電力} = \text{電圧}^2 / \text{抵抗}) \dots (b)$$

電圧=4V、抵抗=スピーカーのインピーダンス（2Ω、4Ω、6Ω、8Ω）ですので、各インピーダンスについて計算するとこのようになります。

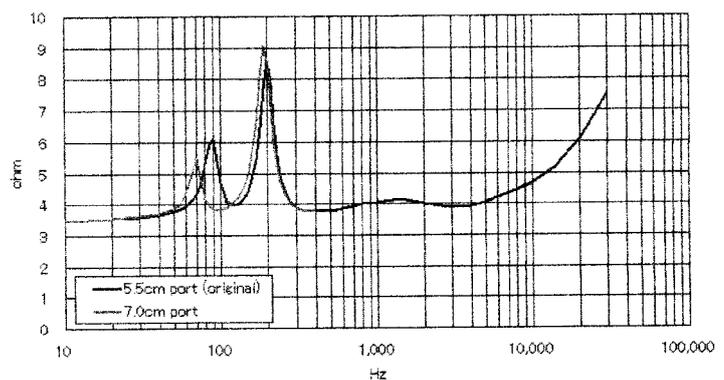
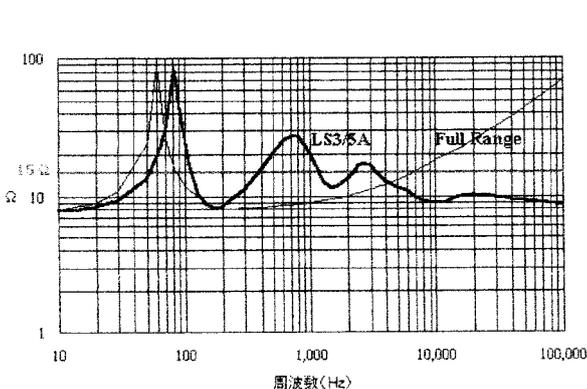
- $4V^2 / 2\Omega = 8W$
- $4V^2 / 4\Omega = 4W$
- $4V^2 / 6\Omega = 2.67W$
- $4V^2 / 8\Omega = 2W$

出力信号電圧が一定ならば、インピーダンスが低いスピーカーをつないだ時の方が出力（電力）が大きくなります。出力が大きいということは、アンプがスピーカーに供給する電力が大きいということであり、音も大きいということです。カーステレオの電源電圧はDC12Vしかないため、高い出力電圧が得られません。そこで使用するスピーカーのインピーダンスを下げることで大出力を得ているわけです。

このことがいえるのは、低いインピーダンスのスピーカーをつないでも出力信号電圧が一定であることが条件です。現実のアンプでは、8Ωをつないだ時に4Vの出力が得られていても、4Ωのスピーカーをつないだ時には3.8Vとか3.5Vという風に出力電圧は下がります。下がる程度はアンプの回路方式によって異なります。

### スピーカーのインピーダンスの実際：

左のグラフは、銘柄不明のフルレンジスピーカー（公称インピーダンス8Ω）とRogers LS3/5A（公称インピーダンス15Ω）の実測データです。右のグラフはaudio pro ALLROOM SAT（公称インピーダンス8Ω）の実測データです。



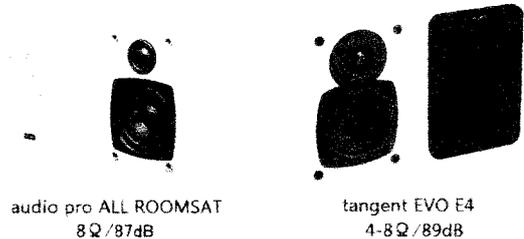
まず、銘柄不明のフルレンジスピーカーですが最小値が8Ωで、60Hzにピークがあり（最低共振周波数=f0という）、1kHzよりも高い周波数ではどんどん上昇しています。これがスピーカーのごく標準的なインピーダンス特性です。最小値の8Ωというのはボイスコイルの直流抵抗です。従来、スピーカーのインピーダンスは、インピーダンスの最小値（=ボイスコイルの直流抵抗）を基準にして何オームであるか表記する習慣があったようです。

Rogers LS3/5Aでは、インピーダンスは周波数によってでこぼこしています。2way以上のスピーカーでは、ネットワークが介在しているためにこのような複雑なインピーダンス特性を示すことが多いです。インピーダンスの最小値は8Ωなのに公称インピーダンスは15Ωということになっています。audio pro ALLROOM SATは本来4Ωとすべきだと思いますが、8Ωということになっています。

アンプを設計する上で知っておかなければならないのは、スピーカーのインピーダンス値は周波数によって変化して一定ではないこと、公称値どおりでもないことです。

### インピーダンスの公称値と能率：

スピーカーを選ぶ時、能率（dB）を気にするユーザーがかなりいるようです。メーカーのマーケティングとしては、カタログにできるだけ高い値を書きたくなるでしょう。同じ価格、同じサイズの2つのスピーカーがあったとして、能率が87dBと89dBの違いがあったら89dBのスピーカーの方がいいのではないと思うわけです。オーディオ店の試聴室で2台のスピーカーをスイッチで切り替えながら聞き比べた時、少しでも音が大きいスピーカーの方が良く聞こえて、音が小さい方のスピーカーは引っ込んで聞こえるという現象があります。



全く同じ構造でボイスコイルだけ違えた8Ωと7Ωの2つのスピーカーを作ったとします。これを同じアンプにつないで音を出したら、7Ωのスピーカーの方がすこし大きな音がします。ということは、8Ωと表記しておきながら実際には6Ωとか7Ωにしておいた方が売れやすいわけです。そのせいかスピーカーの実際のインピーダンスは表記よりもやや低い値に設定した製品が多くなってきたように思います。このような傾向は、半導体アンプで鳴らす場合ははっきり言ってどうでもいいことなのですが、インピーダンスのマッチングが要求される真空管アンプでは悩ましい問題です。

右の画像は私が使っているコンパクトスピーカーの2モデルです。カタログ表記の能率には87dBと89dBの違いがあります。ALL ROOM SATのインピーダンスは8ΩということになっていますがDCRを実測したところ3.5Ωでした。そして1kHzにおけるインピーダンスは4.0Ωでした。tangent EVO E5のは背面をみると「4-8Ω」と書いてあったのでDCRを測定してみたところ5.0Ωで、1kHzにおけるインピーダンスは8.9Ωでした。

ALL ROOM SATは非常に小さいのでただでさえ能率的に不利であるため、インピーダンスを下げて能率のかさ上げをしたのではないかと思います。真空管アンプで鳴らす場合は、実質4Ωを考えるのが正解でしょう。EVO E5の扱いは微妙ですが、8Ωとして扱うのがよろしいかと思います。

### 半導体アンプの場合：

トランジスタあるいはFET等の半導体で構成したパワーアンプは内部抵抗が非常に低いため、スピーカーのインピーダンス値の影響を受けにくくなっています。ほとんどのパワーアンプは4Ω～16Ωの範囲であれば何Ωのスピーカーをつないでも正常に動作し、得られる出力は上記の公式どおりスピーカーのインピーダンス値に反比例します。



- ステレオ出力(2ohms): 600W\*600W
- ステレオ出力(4ohms): 450W\*450W
- ステレオ出力(8ohms): 300W\*300W
- ブリッジ出力(4ohms): 1000W
- ブリッジ出力(8ohms): 900W
- 入力端子: XLR入力
- 出力端子: バインディングポスト
- 寸法: 48.3W×14.3H×49.0Dcm, 3U
- 重量: 23kg

右の画像はAccupaseのパワーアンプPRO-30ですが、8Ω負荷での最大出力が300Wであるのに対して4Ω負荷では450Wで増えています。理論値は4Ω負荷で600Wになるわけですが、現実の回路では2倍にはなかなかありません。なお、ブリッジ接続というのは別名BTL接続のことで、理論値では4倍の1200Wになるわけですがこのアンプでは900Wにとどまっています。

半導体アンプではスピーカーのインピーダンスの整合は行ないません。何Ωのスピーカーでなければならぬ、というような制約はなく、一定の範囲内であれば何Ωのスピーカーをつないでもよいことになっています。何故ならば、半導体アンプの出力段は負荷インピーダンスに対して非常に融通がきき、ロードラインの角度が変化してもその影響を受けることなく効率的に動作してしまうからです。

### 出力トランスを使った真空管アンプの場合：

出力トランスでは、1次側のインピーダンスと2次側のインピーダンスが決められています。たとえば、6N6P全段差動PPミニワッターで使用している出力トランスのインピーダンスは、

- 1次側：8k $\Omega$
- 2次側：0～4 $\Omega$ 、8 $\Omega$ 、16 $\Omega$

となっています。このアンプでは、出力段の6N6Pに8k $\Omega$ の負荷を与えた時に正常に動作するような設計をしているわけですが、そのためには0～4 $\Omega$ 間に4 $\Omega$ のスピーカーをつなぐか、0～8 $\Omega$ 間に8 $\Omega$ のスピーカーをつなぐか、0～16 $\Omega$ 間に16 $\Omega$ のスピーカーをつながなければなりません。もし、0～4 $\Omega$ 間に8 $\Omega$ のスピーカーをつないだら、1次側のインピーダンスは8k $\Omega$ ではなく16k $\Omega$ になってしまいます。

真空管アンプの出力段は負荷インピーダンスに対して非常にデリケートなところがあり、ロードラインの角度が変化するとともにその影響を受けます。ロードラインが最適状態からはずれると、最大出力が低下する、歪みが増える、周波数特性が劣化するという問題が生じます。そのため、出力トランスの2次側に複数のタップを設けて、常にスピーカーのインピーダンス値と整合が取れるように工夫しているわけです。そのため、出力トランスを使った真空管アンプでは4 $\Omega$ でも8 $\Omega$ でも16 $\Omega$ でも、得られる出力は同じです。

#### <6 $\Omega$ スピーカーはどこにつないだらいいの？>

よくある質問として「6 $\Omega$ スピーカーは4 $\Omega$ と8 $\Omega$ のどちらにつないだらいいか？」というのがあります。比率でいうと4と8の間は6ではなくて5.7ですので、6 $\Omega$ というのは8 $\Omega$ の方がより近いということになります。しかし、私の答えは「6 $\Omega$ スピーカーは4 $\Omega$ につなぐのが正解」です。

8 $\Omega$ タップに6 $\Omega$ の負荷をつなぐと、出力管からみた負荷インピーダンス値が小さくなりますね。真空管アンプの場合、出力管の動作条件を変えないで負荷インピーダンス値を小さくすると、シングルアンプ、プッシュプルアンプを問わず歪みは全体的に増加します。逆に負荷インピーダンス値を大きくすると最大出力は若干低下しますが歪みは必ず減少します。最大出力をわずかでも欲張りしたいというのでない限り、総合的にみると後者の方が良い結果が得られます。

#### <負帰還は何 $\Omega$ のタップからかけるのが良いか？>

次によくある質問として「負帰還は何 $\Omega$ のタップからかけるのが良いか？8 $\Omega$ と4 $\Omega$ のスピーカーでは負帰還を戻すポイントを変えずにいいの？」というのがあります。これについては「つなぐスピーカーのインピーダンスにかかわらず、どれかひとつのタップから負帰還をかければよい」が現実的な答えです。

8 $\Omega$ 端子と4 $\Omega$ 端子では、アンプの利得は同じではありませんね。8 $\Omega$ からかけた負帰還回路をそのまま4 $\Omega$ タップにつなぎ変えようとすると、負帰還の条件が変わってしまいます。4 $\Omega$ タップで8 $\Omega$ の時と同等の負帰還をかけるためには、負帰還定数を変えなければなりませんから現実的ではありません。

#### 出力トランスがない（いわゆるOTL）真空管アンプの場合：

OTL方式の真空管アンプの場合は条件が特殊です。真空管という増幅素子の最適負荷は数k $\Omega$ くらいなのですが、それにもかかわらず無理やり8 $\Omega$ くらいの負荷を駆動しようというのが真空管式OTLアンプです。

真空管式OTLアンプでは、あらゆる意味において負荷インピーダンスは1 $\Omega$ でも高い方が有利です。8 $\Omega$ でも低すぎて相当に無理をさせているというのに、6 $\Omega$ 以下のインピーダンスのスピーカーを使うこと自体がナンセンスだといえます。

・・・

。

 [私のアンプ設計マニュアル](#)に戻る

## 誰でも簡単に作れる・・・は、ウソ

### <ついつい言ってしまう危険なひとこと>

「アンプを作ってみたいんですが、初心者でも作れるものなんでしょうか？」という問いに対して「もちろんできますとも。ただ、最初はキットがいいでしょうね。慣れてきたらもうすこし勉強してご自分で設計もできるようにもなりますよ」と答える方は多いと思います。

この会話には、誰でも自作オーディオができる、という前提があります。しかし、現実はその通りではありません。キットを買って手をつけたものの、完成に至らずにそのまま押し入れの肥やしになっている人がいます。拙著「情熱の真空管アンプ」をご購入いただいた方の「この本は私には難しすぎました」というレビューも存在します。ある大テレビ局のかなりの立場の方からも「これは難しすぎる」とメールをいただいたこともあります。

「誰でも作れる」という言葉は、自作できている「自分を基準にして言っている」のであって、未知の「相手の基準で言っているわけではない」のです。

### <能力の問題が存在する>

私は小学校の頃から図工と音楽の成績は抜群でしたが、体育はなさけないくらい駄目でしたので、とにかく体育の授業は地獄以外のなにものでもありませんでした。何しろ僕は蹴上がりはおろか逆上がりもできませんし、野球でバットを持たせたら100%確実に三振します。私は体育の授業が大嫌いでした。ところが、体育が得意な連中にいわせると、音楽の授業くらいつらいものはないというのです。音楽の授業で、先生がピアノで4小節の簡単な旋律を弾きこれを音符に書いて先生のところまで持っていく、という課題がありました。私はこれが大好きでいつも一番に書き上げて提出し間違いなどありませんでしたが、ほとんど永久にできずにこの授業が地獄の苦しみであった生徒がたくさんいたことには気づいていませんでした。

私の友人のK氏は、環境問題の専門家で本まで出しているのですが、自宅のブレーカを扱うことができませんし、買って来たテレビの接続が全くできません。いわゆる電気音痴です。ネジを締めさせると見ていてはらはらするくらいぎこちないので不器用という点でも相当なものです。しかし、学生時代は走っても泳いでも東京都のベスト8には行ってましたし、有名大学を首席で卒業していますから人の能力というのは全く不思議なものだと思います。逆に「全く初心者なんですけどチャレンジしたい」とおっしゃって自作されたケースで、完成品を拝見したらこんな素晴らしい作品だった、なんていうこともありました。

おそらく、アンプを自作しようとする方の多くは、自分は工作は決して下手ではないという自覚や自信があり、それなりに努力すればオーディオアンプも作れるだろう、という見込みあつての着手をされていると思います。そういう方は、すでに木工の道具や、料理用の専門的な器具などをお持ちで、オーディオ以外の何かを作った経験を持っていらっしゃると思います。

一方、手先が不器用でモノを作るのが苦手だったり電気のことをさっぱりな方は、そういう自覚があるので「オーディオの自作などとんでもない」と言って決して近寄ったりはしないのが普通です。

世の中は、通常はそういう風にしてうまい具合に能力に応じた棲み分けが起きているのですが、時々、その領域を越えてしまう事件が起きるようです。そのようなケースでは、目も当てられない結果が待っているのが普通です。どんなことでも、誰でも努力すればできる、というのは夢の見すぎです。私にとって正しい音程と正しいリズムで歌うことが、どんなに練習努力してもダメなのと同じです。

### <学習量の多さを克服しなければならない>

かりにオーディオを自作する基礎的な能力があつたとしても、そう簡単に実現するわけではありません。私の場合も、最初から今のような自分なりに納得できる音のアンプが設計できたわけではありません。この程度のところまでくるのに30年以上かかっています。以下の文章は拙著「真空管アンプの素」のはじめにの部分からの引用です。

自分の過去を振り返ってみると、回路のしくみなどよくわからないまま雑誌の記事をそのまま真似て作るということを何年も繰り返しているうちに、徐々に部品の使い方や回路のしくみがわかってきたのであって、一朝一夕に全体を理解したわけではありませんでした。しかも、長い間勘違いをして誤った知識のままにしているということがすくなくありました。それを一冊の本を手元に置くことで真空管アン

ブのしくみがある程度わかって、実際に製作することができ、さらに若干の応用もできるようにしようなどというのが本来無茶なことなのかもしれません。

オーディオアンプを自由にデザインしたり作ったりできるようになるためにはさまざまな知識やスキル、設備が必要です。

- (1) オームの法則や熱力学など物理の基礎知識、電子回路に関する一般知識。
- (2) オーディオ回路特有の知識と設計スキル。
- (3) 電子部品の構造や選び方、使い方などの実装技術。
- (4) パネルやシャーシの穴あけなどの金属加工技術。
- (5) 配線技術、ハンダづけの技術。
- (6) 部品調達のルート。
- (7) 工具、測定器と作業スペース。
- (8) ものづくりの段取りや手順のセンス、手先の器用さ。
- (9) デザイン・センス、音のセンス。
- (10) お金と時間、そして興味とやる気。
- (11) 人に頼らず、一から自分で調べ学習する姿勢。安易に質問しない態度。

いくら興味やお金や時間があっても学習と訓練をしなければ満足できるオーディオアンプは作れません。失敗が続くうちにやる気が放棄になってしまうかもしれません。過去に学校の授業をさぼった方は、今になってあの時のつけを払うことになります。手先が不器用な方は訓練をする必要があります。ハンダづけは訓練でどんどん上手になりますからしっかり練習してください。

これは脅しでもなんでもなくて、客観的な事実です。

オーディオの自作をされるのであれば、上記の内容をよく理解して覚悟を決めてください。

ベテラン諸氏は、覚悟を決めて努力されている方には支援を惜しみませんが、甘い軽い考えでやっている方にはやんわりとですが叱責が飛んでくるでしょう。

#### <学習量の多さを克服しなければならない(つづき)>

というわけで、上記の11項目についてももう少し考察してみます。

- (1) オームの法則や熱力学など物理の基礎知識、電子回路に関する一般知識。

→「私のアンプ設計マニュアル」にできるだけ多くの解説を載せていますが、これをよく読んで学習する方もいれば、ほとんど読もうとしない方も多いという現実があります。読み始めたとしても、頭痛を起こして断念される方もすくなくありません。

- (2) オーディオ回路特有の知識と設計スキル。

→これを習得するには相当の時間がかかります。製作記事を読んだくらいでは習得できません。日頃からさまざまな書籍や記事、文献を読んで学習する必要があり、さらに何度も自作して失敗経験を重ねることによってようやく手に入れることができます。

- (3) 電子部品の構造や選び方、使い方などの実装技術。

→製作記事である程度のガイドを書きましたが十分ではありません。実物を手に取り、自分でやってみて失敗しながら学習する必要があります。このスイッチは中でどうつながっているんだろうと思ったら、テスターで導通を調べてください。ボリュームへの配線は誰もが必ず通らなければならない鬼門ですから、答えだけを求めずに抵抗値を測定しながらノブを回転させて何が起こるか実体してください。

- (4) パネルやシャーシの穴あけなどの金属加工技術。

→金属加工はそれだけで職人技の世界がある奥深いものです。Youtubeにある多くの動画が参考になります。簡単に一発で穴あけできたらそれは間違いです。きれいに高精度に仕上げたかったら、やすりを使った地道な作業も覚悟してください。

- (5) 配線技術、ハンダづけの技術。

→これを甘く見る人が非常に多いです。ハンダづけはかなりの熟練を要しますから、素人がいきなりハンダごてを手にして製作すればトラブルが出るのは当たり前。当サイトの掲示板で相談されるトラブ

ルの90%以上が、結局は単なるハンダ不良や配線ミスであったという事実がこのことを証明しています。

(6) 部品調達のルート。

→秋葉原から遠い方にとっての大きな壁です。都内在住であっても部品知識が浅い方にとっても大きな壁です。製作記事があり、製作事例が多いものについては部品の頒布があるので、これは役に立っているようです。

(7) 工具、測定器と作業スペース。

→初心者は十分な加工機材がなく、ベテランほど良い加工機材を持っているので格差が生じます。測定器はどれも高価ですから持っているかどうかで格差が生じます。しかし、頭を使ってあるもので工夫すればかなりのことができるようになります。

(8) ものづくりの段取りや手順のセンス、手先の器用さ。

→個人差が著しいです。ある程度は経験と熟練でカバーできますが、すべての人が可能なわけではありません。

(9) デザイン・センス、音のセンス。

→これも個人差が著しいです。

(10) お金と時間、そして興味とやる気。

→大切な要素ですが、これだけあってもダメなのです。ひとつ言えることは、製作では決して急がないこと、時間をかけて丁寧に作業を進めることです。ものごとを急ぐとミスが増え、品質が低下するからです。初心者ほどものごとを急ぐ傾向があります。

(11) 人に頼らず、一から自分で調べ学習する姿勢。安易に質問しない態度。

→個人差が著しく、しかも安直な人が過半数を占めます。

### <自作に向く人、向かない人>

**自作に向く人**・・・自分で考えようとする人。学習を厭わない人。本を読んだり、調べたり、学習することが楽しい人。遠回りができる人。正解がない問題を面白いと思う人。失敗やミスを学習・成長の一環だと思っている人。プロセスを楽しむ人。

**自作はあきらめた方がいい人**・・・自分で考えることをしない人。誰かが優しく教えてくれることを期待している人。わからないことは聞けばいいと思っている人。ネットに答えが書いていると思っている人。近道をしたがる人。正解がない問題が苦手な人。失敗をするのはダメな奴だと思っている人、自分は失敗やミスをしたくないと思っている人。結果を要求する人。

### <自分の能力を知る>

私は、音楽がことのほか好きですので、学生時代にはさまざまな楽器に手をだしました。しかし、実ったものではありませんでした。私が歌ったり楽器を演奏すると、自分自身が納得できる演奏ができないだけでなく、それを聞かされる周囲の人々に大変な迷惑がかかるのです。どうやら私は演奏が相当に下手らしいのです。そしてかなりの年齢になったある時、ようやく自分と言うものを理解し受け容れたわけです。以来、音楽の舞台裏に徹するという自分に適した方法で好きな音楽と関わり続けるようになりました。

大切なのは、自分の能力を知ることだと思います。苦労しなくてもできてしまうのは何か、もっと伸びるのはどこか、そろそろ限界なのはどこか、努力しても程度が知れているのは何か、それがわからずにいるとなかなか自由な人にはなれないと思います。

## 1. 私の自作観

### 自分ですることの価値

人の脳や体は、自分で考えたり作業したり歩いたり工夫したり作ったり・・・いろいろなことをするようにできているのです。そして、そういう使い方をしないと調子を崩してしまったり機能が徐々に低下します。

オーディオ・アンプ、こんな面倒くさいものをわざわざ自分で作る必要はあるのか。モノを自分で作っている時、無意識に手先を動かして作業している時、いろいろ工夫をして何かひらめいた時、そんなときに「面白い」と感じますが、これは脳が喜んでいることを意味します。モノをうまく作るためには、何度も失敗を重ね、学習しなければなりません。頭でしくみを理解したり、あるいは体で覚えたり、そうやって経験が蓄積していきます。ここで大切なのは、持っている知識や経験の多さではなくて、そういうプロセスの重要さです。「よく知っていること」よりも「考え工夫する行為」の方が重要であり、上等であるということです。

「1個6万円もする出力トランスにベルマークの300Bを投入したにもかかわらずアース配線がでたらめなアンプと、ペアで3000円のEHのEL34と手ごろな価格の出力トランスFE-25-8を使った静粛かつ安定に動作するアンプと、一体どちらが上等かというと、もしかしたら前者の方が価格的には上等かもしれません。しかし、前者のアンプを作った人と、後者のアンプを作った人を比べたら、アンプ製作者としては後者の方が上等であることに異論はないでしょう。」という文章を[こちらのページ](#)に書きましたが、同じことを言わんとしています。

「便利・効率」と「脳の老化・劣化」とは表裏一体をなすものです。手間や面倒を嫌って便利さを追求すること、効率を追求することが必ずしもいいわけではありません。便利さや効率を追求するためには、道具や人を使うことになって自分でやらなくなります。自分でやらないということは自分で考えないということでもあります。これはビジネスの世界では当たり前に行われていることですね。そうした方が早く結果が出せるので、上司からの評価も高くなり出世も早いです。それを自分の能力が高いと勘違いするわけです。

\*\*\*

### 非効率で無駄に思える作業

- ・計算は、できるだけ紙とペンでやってください。電卓を使った計算は1ランク落ちます。シミュレータを使った計算は2ランク落ちます。
- ・本の記事やネットでみつけたレポートは、斜め読みしないで、ペンで書き込みをしたり、ノートに書き写したりして隅から隅まで目を通します。きっと、新しい発見や気づきがあります。
- ・人が設計した回路で自作する場合でも、あたかも自分で設計するかのように回路を解析してみます。わかる範囲で計算をしてみると良い学習になります。
- ・回路図は、できるだけ紙とペンで描いてください。パソコンソフトを使うのは最後の清書だけです。
- ・回路図ができたなら、すぐに製作に着手しないで、カフェにでも行ってその回路をじっくり眺め、計算をやり直したり、時間をかけて吟味します。たぶん、改良すべきポイントが見つかるでしょう。
- ・ハンダづけは、一気に仕上げないでひとつひとつハンダの浸透状態、仕上がり具合を確認し自分なりに納得しながらゆっくり行います。

\*\*\*

### キットは自作といえるか

キットは自作の範疇に含まれます（キッパリ）。「キットなんか自作ではない」という人がいたら、その人はキットの話題に乗じて単に自慢したいだけなのです。そんな程度の低い人と議論するのはばかげていますから適当に褒めてさっさと帰ってきましょう。

どんなものでも自力で作るためには非常に多くの知恵や工夫や技術が必要です。半田づけひとつとっても、熟練するには相当の訓練が必要です。回路図なんか描けなくても、シャーシの穴あけなんかできなくても、最高の半田づけができたなら大いに自慢してください。「キットなんか自作ではない」という人の下手糞な半田づけを見て、悟られないように「くすっ」と笑ってやりましょう。（半田づけがへたくそな蘆薈野郎はものすごく多いのです！）

キットは、ベテランにとってもものすごく楽しい仕事です。熟練したベテランががけたキット工作は、仕上がりが格段に違います。ものづくりの技術は非常に幅広いものです。はじめて作ろうというのであれば、家でも、家具でも、オーディオ・アンプでもキットではじめたらよしい。そこで学ぶことはたくさんあります。但し、キットからちゃんと何かを学んでください。お願いしますよ。

\*\*\*

### 大切なこと

考えること。何故？と疑問を抱くこと。何故なのかみつけようとする態度。学習すること。当たり前だと言われていることに疑問を投じること。頭だけで考えないこと。実験をして確かめること。経験に頼らないこと。知識を自慢しないこと。自分でやってみること。人に頼り過ぎないこと。失敗しても落ち込まないこと。周囲に迷惑をかけないこと。怪我をしないこと。命を落とさないこと。