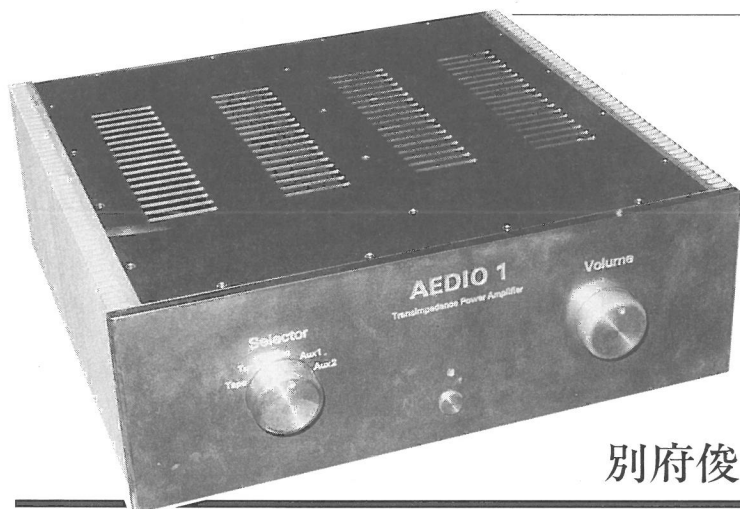


●いよいよ出力 50 W に挑戦!／

各段独立電源採用，トランスインピーダンス TR パワー・アンプの製作(1)



4 年間，
部品選びで
四苦八苦

別府俊幸

を作っているのですから，自分の部屋でベストの音が出ればよい。かのゲティスバーグでの演説をもじれば「good sound of I, by I, for I」他人がどう聴こえようと問題ではありません，と考えています。

ところで，今回の製作では宗旨を改めます。一般的に（家庭用として）使

パワー・アンプに必要な出力

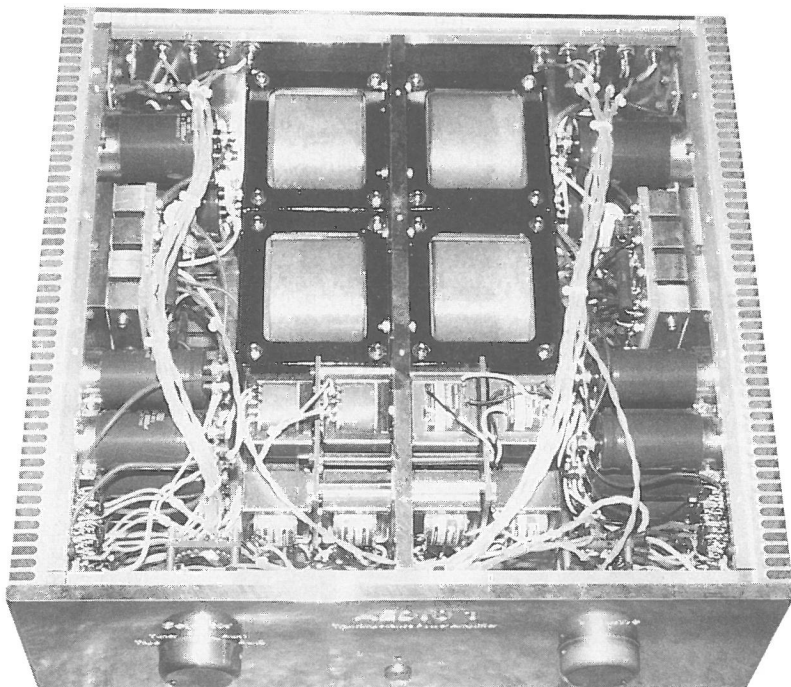
出力など 10 W もあれば十分だ，と信じていました。自分の部屋ではディジタル・ストレージ・スコープで眺めていてもピークで 3 V、4 Ω のスピーカーですから 2.25 W、3 W も入りません。スピーカーはユニウェーブ 301。ウーファ能率で 88 dB (2.83 V/1 m) です。

電圧は入らなくてもトランジェントで電流は流れるんだ，との説もあります。ですが，これは空想された物理現象，観測された値ではありません。クランプ式の電流プローブ（それも DC まで測れるテクトロ製ですよ！）も使ってみました，1 A 流れることはありません。

ただ，聴く音量は小さい方ですし，部屋も 6 畳と広くありません。パワーを 3 dB アップとすれば，出力は倍必要になるので，私のところで 3 W あれば足りているとしても，もって一般

化は無理。

ですが，自分のために自分でアンプ



●内部はトランスとケミコンの固まりで総重量は 60 kg 近い！

アが少なからずあります。もちろん、音も違います。片方だけでも三重拡散が入ると、まずよろしくない。で、両方とも三重拡散となると、やせぎすの、色彩感のない音になってしまいます。

ところで、エピタキシャル製法でマルチ・エミッタであったとしても、F社のリング・エミッタ構造も、N社のEBTも、パワー・トランジスタでA 1006/C 2336を越える音、どころか、大きく劣らないペアでさえ経験していません。

しかし別府の第1原則があります「音は聴かなければわからない」。

空想しただけで（本人は理論的に考えたつもりでしょうが）音のよし悪しを決められるかたも少なくありません。が、聴かないで決めることなど、裁判なしでの即死刑と同じです。見方を変えれば、聴きもしないで音がよくなる可能性を捨て去るなんて、なんてもったいないことでしょう。まずはサンプルを入手してテストです。

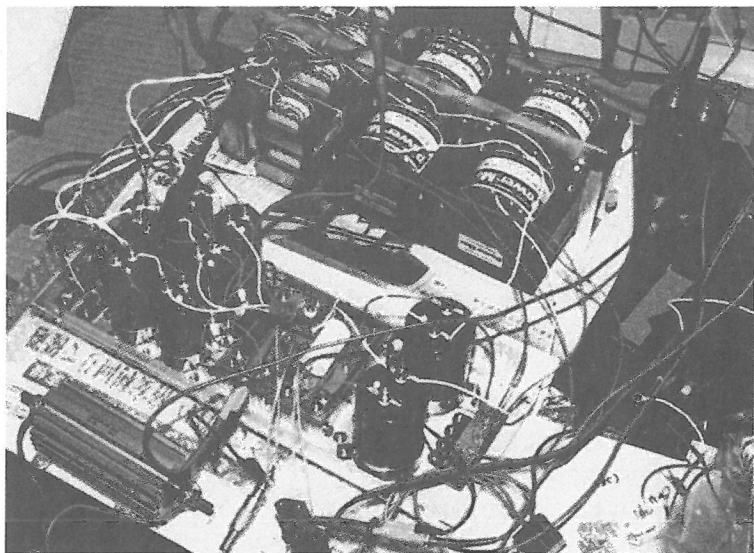
A 1386/C 3519, $P_c=130\text{ W}$ のペア（第2図）。いいです。パワー・トランジスタの、あのもやっとした震が少ない、透明度のある音です。やや低域の押し出しに欠けるものの、バランスも良好。帯域はA 1006/C 2336よりも広く、解像度も悪くありません。A 1006/C 2336を10パラにするよりははるかによいでしょう。これならパラにしなくても50 W 楽勝。

やった！ アンプが作れる。

トランスインピーダンス・アンプ

回路も音を変えます。

しかし、部品ほどには変えないように感じています。が、回路による違いと部品による違いは性質が異なります。残念ながら配線材の違いを配線方法で補うことができないように、トランジスタの違いを回路で補うこともできません。もっとも、これは他の部分についてもいえることで、各段独立電源の音を定電圧回路で生みだすことはできませんし、高剛性ケースの音を1tのアルミ・シャーシで実現することも



●実験中のトランスインピーダンス・アンプ第2号機

できません。

やはり、すべての要素について詰めていかなければ、満足できる水準には達しないものと考えます。

その意味において、回路方式はやはり無視できる要素ではありません。今回もトランス・インピーダンス・アンプを踏襲しますが、この回路、差動2段と比べ、見通しのよい、くっきりとした傾向の音が特徴です。

第1図に戻ってその動作を説明します。Q1とQ2のエミッタが非反転入力となります。Q1とQ2はそれぞれダイオード接続されていますので、入力信号はQ3とQ4のベースに現われます。

Q1のコレクタ電流は、

$$I_{C1} = (+V_{cc} - 0.6) / R_{C1}$$

で決まります。 $V_{cc}=18\text{ V}$, $R_{C1}=8.2\text{ k}\Omega$ ですので、 $I_{C1}=2.2\text{ mA}$ 。 R_{C1} は I_{C1} を決めます。

上下対称回路ですので、Q2に関しても同様に計算されます。なお、説明の都合上、上下は極性が逆で同じ働きとして押し進めますが、回路図の形が上下対称だからといって、回路が上下できちんと反対の動作になっているなどと考えてはいけません。もっとも、きちんと対称動作していようが、そうでなかろうが、そんなことは音には関係ありません。ひずみ率には関係しま

すけれども。

説明に戻ります。

Q1の V_{BE} は同時にQ3にとって V_{BE} ですから、こちらのコレクタ電流も決定します。この部分は、つまりは定電流回路を構成しています。

ところで、余談ですが、このように2つのトランジスタが組になって動作する回路は例外なく音が鈍くなります。定電流回路もそうですが、差動回路もそうです。ですが、この2つを比べると、——もちろん同じトランジスタで組んでですが——差動回路の方がよろしくない。どうも相補的に電流が動く構成は、鈍い音になるようです。この差が差動2段構成とトランス・インピーダンスの音の差だと思います。

ちなみに R_{C1} の代わりに定電流回路を使うと、一気に平面的な生気のない音になります。

さて、トランジスタのアーリ電圧 $V_A=100\text{ V}$ とすれば、

$$\begin{aligned} \frac{I_{C3}}{I_{C1}} &= \frac{1 + V_{CE2}/V_A}{1 + V_{CE1}/V_A} \\ &= \frac{1 + 20/100}{1 + 0.6/100} \cong 1.2 \end{aligned}$$

Q3のコレクタ電流はQ1の約20%増となります。実測では35%増の3.2 mA。

Q3とQ4はエミッタ接地のブッシュプル、Q5とQ6も同様です。プ

ッシュプルも2つのトランジスタが対になって動作する回路ですね。シングルに比べて純粋さがなくなるといえるか、ざらつく傾向はここでもあります。が、シングルにしてダイレクト・カップリングを構成するのも無理が生じますし、ケミコンでカップリングするのもやりたくない。金に糸目をかけずASCを思いっきり使ってカップリングすれば、とは思いますが、今回はパス。

ところでこの部分は、上半分について見ればQ3とQ5の2段増幅回路です。近似的にゲイン $= (R_{c3}/R_{f2}) \times (R_F/R_{e5})$ となります。ここで R_F はパワー段の入力インピーダンス。その値は後述するように負荷インピーダンスによって変動します。

Q5のコレクタ電流は、

$$I_{c5} = \frac{I_{c3} \times R_{e3} - 0.6}{R_{e5}}$$

で求められ、計算上46 mA、実測もその近辺にあります。

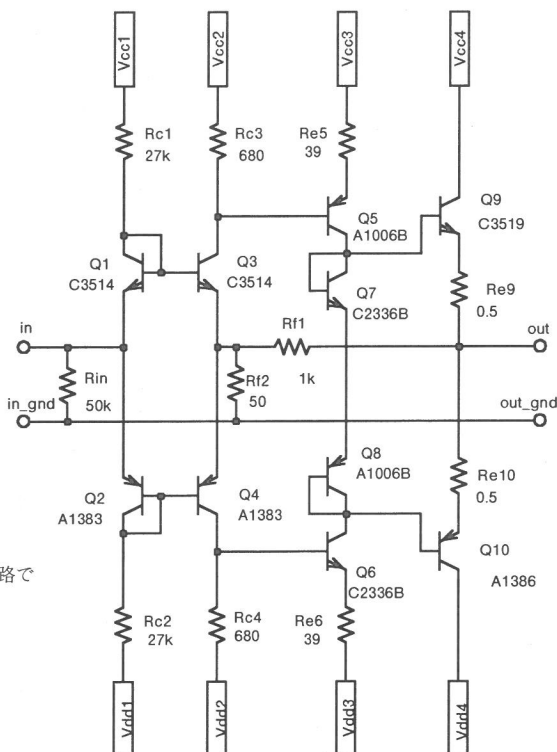
パワー段は4パラのエミッタフォロワ。Q7の V_{BE} がQ9~Q12のバイアスとなります。ここもQ1とQ3の関係と同じく V_{CE} が大きいぶん電流も20%増となり、トランジスタあたり55 mA、4パラで220 mAのバイアス電流が流れます。エミッタ抵抗がありませんので、Q9~Q12のコレクタ電流は多少異なりますが、その差は実測で $\pm 20\%$ 程度。

Q7はパワー段と熱結合され、温度補償も兼ねています。これも後述しますが、バイアス電流の調整回路なんて設けません。A級かB級かなんてどうでもよい問題です、音にとっては、さらに理想をいえば、Q7とQ8もやめて抵抗1本にしたい。その方が良好です。一定温度に保てれば、ですが。

ここに並列に入る C_{bias} は、これもまた重要なパーツです。詳細は後編で。

アンプ回路

A1386/C3519の出力段を、初段にA1383/C3514、2段にA1006/C2336でドライブします(第3図)。ト



〈第3図〉
とりあえずこの図路で
組んでみた

ータル・ゲインがいまいち足りない(トランスインピーダンス・アンプですので、負荷抵抗=スピーカのインピーダンスが低いとゲインも小さくなります)のですが、「増幅段数は少ない方がよい」との経験則がありますし、「ダーリントン接続は音を殺す」との強迫観念も持っています。NFBが少なく、ダンピング・ファクタが20程度になる計算ですが、そんなことで音が決まったりはしません。

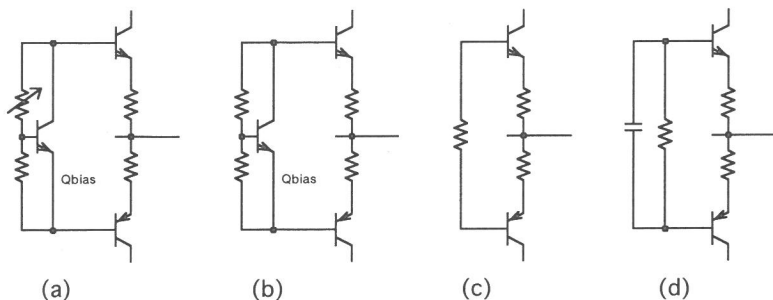
出力インピーダンスが小さければ音がよくなるのなら、迷わずOpアンプでパワー・トランジスタをダーリントン・ドライブします。そんな構成で音のよいアンプなど、1つも聴いたことがありません。ついでに付け加えれば「Opアンプは音が悪い」。高ゲインと強力なNFBで低ひずみ率にしても、そんなことは関係ありません。「ひずみ率で音はわからない」——アンプの一般原理でしょう、これは。

回路に戻ります。初段は ± 140 Vの電源を27 k Ω で電流にして5 mA流します。出力が大きくなるぶん、ドライブ段の電流も増やさなければなりま

せん。4 Ω で50 Wを確保するとすると、負荷電流3.5 A、その半分の片側で受け持つ計算で1.75 A。経験的にその1/20はドライブ段に流しておかないとダメですので87.5 mA、それをドライブするには $P_c = 250$ mWのA1151/C2718では足りません。そこで、初段を $P_c = 8$ WのA1383/C3514とします。

この回路では R_{c1} と R_{c2} が入力に並列に入る形になりますので、入力インピーダンスを大きく取るためにこの2つの抵抗を大きな値にしなければなりません。今回は、EIAJの規格に従い、入力インピーダンス10 k Ω 以上とします。入力インピーダンスを上げるとは、アッテネータその他、いろいろな音質劣化の引き金になりますが、目標は普通のリスニング・ルームで使えるアンプです。規格は守ります。

ところで、 R_{c1} と R_{c2} を定電流回路にすれば、 ± 140 Vなどとおよそトランジスタ・アンプらしくない電圧は必要なくなります。たしかに大げさです。ついでにこわいです。どうも35 Vを越えると、触りたくないですね。耐压



〈第4図〉 バイアス調整回路で音は変る。(a)の半固定抵抗から(b)の固定抵抗、またレギュレータを止めて抵抗体(c)に、さらに(d)のようにキャパシタをパラっても、音は変る

的には Op アンプの方がいいのですが、

簡単ですから、ひさびさに定電流回路も組んで試してはいます、1石構成で、けれども、FET でも Tr でもやっぱり「定電流回路は音が悪い」との経験則を再確認させられる結果となっていました。なら、カレント・ミラーはどうなんだ、との声も聞こえてきそうですが、「カレント・ミラーはもっと音が悪い」との、もっと強力な経験則に支配されています。電流を安定させられることは認めますが、トランジスタの数が増えるだけ、劣化が強くなります。

余談ですが、某アンプの本に“定電流回路を使わなければものすごい電圧がいるのだよ、使わないのはバカだね”とあるのですが、合理的に造ろうとか、何かを節約しようと考えるとき、音のよし悪しは無視される例ですね、なぜ、聴きもしないで音への影響がないと決めつけられるのか、根本原則を無視してはいけません、「音は聴かなければわからない」。

なお、この R_{c1} と R_{c2} は、大きな値にするイコール電源電圧を上げると、音をよくする方向に変化します。

Q1, Q2 のバイアス側に 5 mA 流すと、Q3, Q4 の増幅側は 9 mA くらい流れます。この石はもう少々流してやると、より生き生きとして来ますが、90 mA の 1/10 ですから、一応 OK とします。入力インピーダンスとの兼ね合いがあり、この辺で妥協します。インピーダンスを得るためにバッファを

追加するなど私にはできません。「増幅段数を増やすと悪くなる」。前の法則を書きなおすと、こうなります。

じつに思いこみと強迫観念だけで設計していますね。なんでこんなに窮屈なんだろう。入力インピーダンスの制限さえなければ、もっと電流を流したい。音は確実によくなるし。

さて、2 段目兼ドライバ段は A 1006/C 2336 です。このペアの本来の用途です。93 年版の NEC データブックには「実効出力 150~500 W 高級ステレオ・パワー・アンプのドライバ段として最適」とありました。このデータブックで“高級”とあったのは、なんとこのペアだけ！

そういえば、A 1006 は 93 年ロットでは黒色になりました。さいわいなこ

とに、その前の緑パッケージと音はほとんど違いません。これで A 1386/C 3519 をドライブします。ここに 90 mA 流すように、 R_{e5} と R_{e6} を決めます。

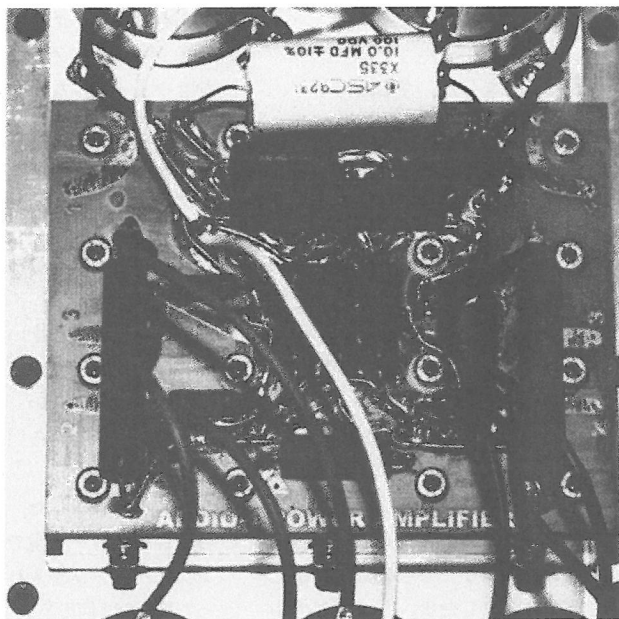
A 1386/C 3519 のバイアス電流は A 1006/C 2336 の V_{BE} とエミッタ抵抗 R_{e5} , R_{e10} で決まります。調整しようなどとはまったく考えません。

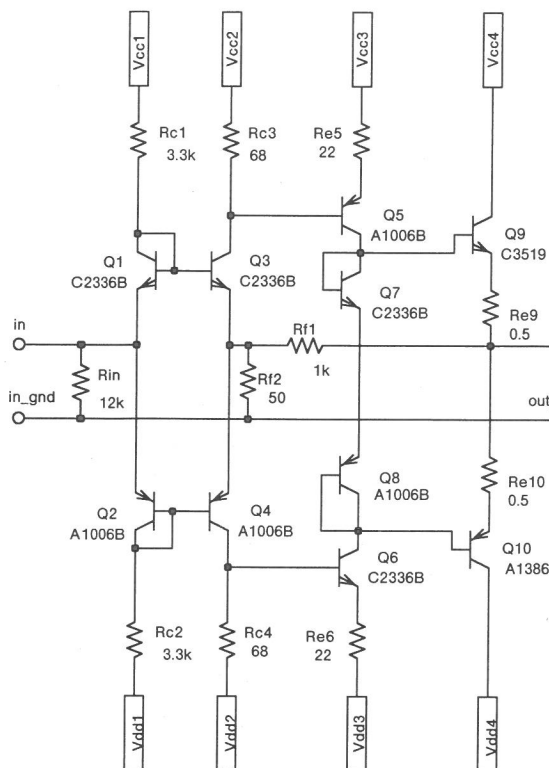
A 級か B 級か。動作点の問題はわかりやすいだけに大きな議論的となってきました。でも、音の差は、私には、聴こえたとしても微々たるもので、わからなかったことも何度かあります。

が、そんな違いよりも、バイアス電流調整回路(具体的には半固定抵抗)を入れるか入れないかの違いの方が大きいですね(第4図)。で、1石の定電圧回路がほしいここには付いてくるのですが、これを使うかどうかでも音が変わる。どちらにしても、A 級か B 級かよりは大きな要素です、聴感上。

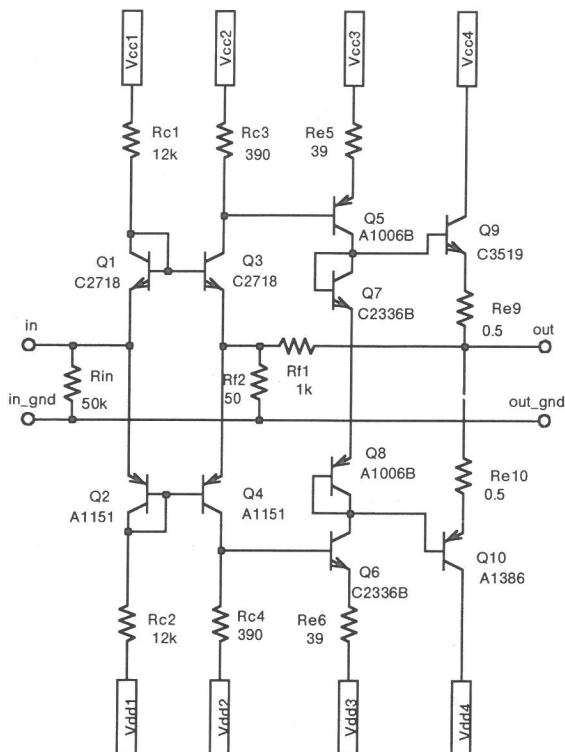
だいたい何かを調整して音を比べようとなると、比べるという目的を達成するために音を犠牲にする結果となります。「1つのことだけを考えると、他のことが見えなくなる」。ほんとうに1つのパラメータだけを抜き出して比較することは、たいへんむずかしいことです。

●パワー・アンプはこの基板部分に収まっている。パワー・Trはこの裏側にあって、しんちゅうのブロックでしめつけられ固定されている





〈第5図〉初段から A 1006/C 2336 にしてみる



〈第6図〉初段を小信号 Tr に戻す

蛇足ながら付け加えますと、「頭の悪いやつほど1つのことですべてを説明したがる」。大学の恩師の言葉です。A 級か B 級かですべてを説明しようとする、ひずみ率ですべてを説明しようとする、……、例に枚挙がありません。

パスコンのこと

回路はできました。さあ、作るぞ！
バラック基板は動作しました。音も悪くありません。

ところが、パスコンがなくなってしまったのですね。マルコンが某社に買収されたためか NUM も廃品。うーん、困りました。セラファインやブラックゲートを使う気にもなれませんが、グレート・サプライも、楕状エッチングが鳴くのだと決めつけていますが、シャラシャラ音がつきまといま。SME のリード・タイプは、ぼけっとした普通のケミコンです。OS も独特の金属質の音がありますし、MUSE の後継品の黒いスリーブものは、いかにも広帯域にしましたよ、って感じの中

抜け。

まさか、ASC を。試してみましたが、やっぱり異質です。電源のケミコンと基板の上のフィルム・コンが、別々の音を聴かせてくれます。基板の上にケミコンとフィルム・コンを並べて「高周波特性がどうのこうの」とご託を聞かされることがありますが、例外なく、紙のウーファにアルミのホーンのような 2 ウェイ音になります。もっとも、その手のスピーカーで聴いていればわからないでしょう。

いっそのこと電源（のケミコン）をすべて ASC に……。さすがにそれは財布が許してくれません。どうしよう。困った。

で、止まってしまいました。その間 2 年ほど。

が、それなら、いっそのことパスコンを使わなかったらどうだろう。ある日、寝床だったか、トイレの中だったかで思いつきました。絶対やってはいけなセオリー無視です。発振したアンプにパスコンを入れてビタリと止まった経験は、何度もあります。パワー・

アンプが発振するとスピーカを道連れに……。それに基板上のパスコンは、容量を大きくすればするほど音がよくなっていった経験があります。「うまくいった経験に逆らうのは、未知のことに挑戦するよりもむずかしい」。

かなり躊躇しました。相当考えました。が、それでも、試すと安定に動きます。もっとも電源のブロック・コンからのリード線は 15 cm もありません。いろいろ負荷条件を変えたり、何枚も基板を作ったりしましたが、いまのところ問題ありません。基板上にパスコンなしで、安定に動きます。

ところが、音はいいのですよね、これが。パスコンを入れると、それがケミコンであっても特有の音が付き、その音がまたブロック・コンと別々に鳴っていたことを思い知らされました。（電源の）SME の、ポケットとした高域も低域も出ていないかまぼこの特性の音がそのまま聴こえるようになりますが、2 種類のケミコンが鳴きあって濁らせあっていた成分が、すっとなくなります。

となると、電源のブロック・コンも
なくしてしまえば…、せめて ASC に
……。無茶苦茶になってきました。

トランジスタの選びなおし

回路は決まり、コンデンサも決まっ
た。ところが、98 年版のデータ・ブッ
クを見て愕然となりました。A 1383/
C 3514、その代替の A 1142/C 2682、
そして A 1006/C 2336、すべて廃品種
です。需要がないのでしょう。誰がい
まどきディスクリートで回路を組もう
とするのですか。

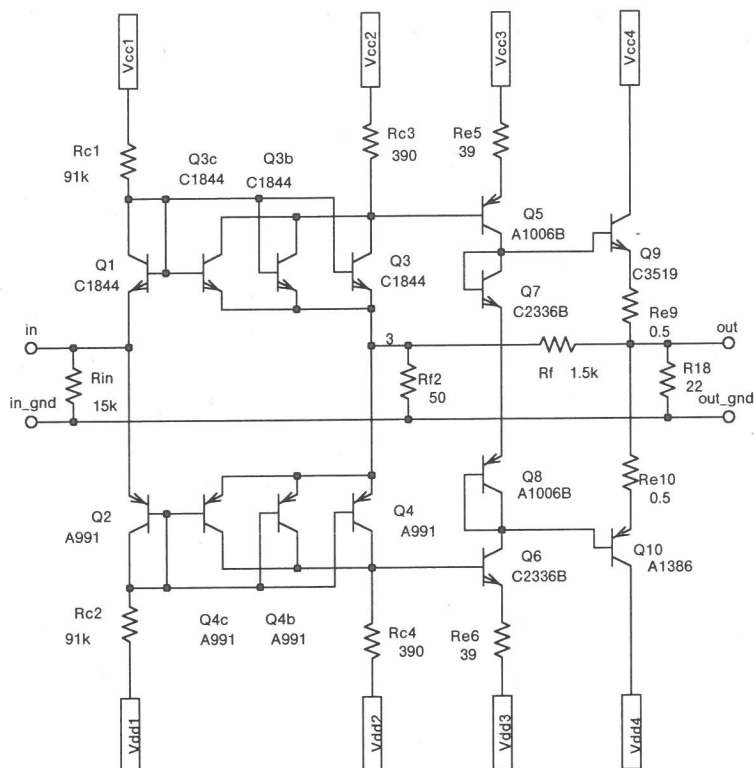
あわてて買いに走りしました。
A 1006/C 2336 は流通数が多いよう
で、あちこちありましたが、A 1142/
C 2682 と A 1383/C 3514 はまるで
手に入りません。なんで球がなくな
らないのに石がなくなるのだ！

自家用にする分には 20 個くらい買
ってありますので、それでよいです。
けれども製作記事となると、そうはい
きません。トランジスタが手に入らな
いアンプ、すなわち“絵に描いた餅”
は書かないとの主義に反します。思い
こみに加えて、信条までが私を縛って
くれます。

ここでまた、数カ月が経ちました。
それでも、何とかしたい。バラック・
アンプは悪くない音で鳴っています。
作ってくれ、との友人の催促もありま
す。

選択としては、初段から A 1006/
C 2336 が考えられます (第 5 図)。
A 1006/C 2336 を 2 段重ねると、狭帯
域のかまぼこの傾向は強くなります
し、このペアの音が強調されますが、
使えないことはないだろう、とも考え
られました。で、試したのですが、劣
ります。狭帯域になるだけでなく、ボ
ケツとしてきます。「トランジスタは大
きくなればなるほど悪くなる」法則が
重くのしかかってきます。

なら、いっそのこと A 1151/C 2718
(ちなみにこれも廃品種)で初段を組ん
でみよう (第 6 図)。P_c=250 mW の石
ですから、電流は流せません。50 V か
けるつもりですので、2 mA が限界で



〈第 7 図〉最終的には A 991/C 1844 の 3 ペラ構成となった

しょう。でも、A 1006/C 2336 よりも
A 1383/C 3514 よりもぜんぜん小
さい。小さければ小さいほどよくなる可
能性があります(もちろん、小さくても
よくない石は掃いて捨てるほどありま
す。私の部品箱にも)。

回路は決まった

で、これがイケるのですね。「トラン
ジスタは大きくなればなるほど悪くな
る」原則が甞ります。A 1383/C 3514
もあのクラスでは 1 番ですけど、
A 1151/C 2718 に比べれば霞んでい
ます。霧が晴れる、といったところで
しょうか。いいです。

ならば初段、A 991/C 1844 なら
P_c=500 mW です。もう少し流せるだ
ろう。うん、悪くありません。でも、
まだまだ電流が足りません。コレクタ
電流 90 mA の 2 段目をドライブする
にはぜんぜん足りません。

ならば A 991/C 1844 の 3 ペラは
どうだろう (第 7 図)。パラって劣化す
る分量は、A 991/C 1844 と A 1383/
C 3514 の差よりは小さいと思われま

す。「もっと大きな石があるのに、何で
バラにしなければならいんだろう」。
馬鹿馬鹿しくなりつつあります。ア
ンプも恐ろしい構成になりつつありま
す。

ぜんぜん合理的ではない。電気回路
をわからない人の設計ですね。ですが
「電気回路なる理論に音質に関与する
パラメータはありません」。回路のゲイ
ンは計算できても、音は計算できませ
ん。理論的によい音なんてあり得ない
のです。

そしてこの回路、動きます。初段を
3 ペラにしている音は、1 個のときの透
明感には劣るものの、低域の力感は増
したようです。音質的には A 1383/
C 3514 の初段をぜんぜん上回ってい
ます。

回路はこれで決まり！