

## 三極出力管礼賛 (B)

# 6BX7-GT パラレル・シングル出力 6 ワット・アンプ

池田 圭

## 三極出力管のプッシュプルとシングル

前号の記事で多極出力管を用いた増幅器は、現状では三極管の増幅器に比べて設計製作が困難で、いい特性を得るためには相当な代償を払う必要のあることを述べた。これが技術上の問題だけならば、努力もし、研究もできるだけにアマチュアとしては興味のあることでもある。ただ少しでもいい音の再生装置を作るためには、現在の段階では三極出力管を選んだ方が、より無難である。

困難な回路である NFB をかけなくても、最も容易に、比較的好い音の得られる増幅器の回路は 2A3 を電力出力管に用いたシングルの回路である。第 3 図の回路の電力出力管 6BX7 パラレルを 2A3 にそのまま置き換えればよい。もちろんヒーター電圧、カソード・バイアス値、出力トランスは  $2.5k\Omega$  のものにかえる。出力はクリッピング・ポイントで  $2.5W \sim 3W$  くらいが得られる。この回路では抵抗結合回路が 1 段であり、NFB は電圧増幅段数が 2 段、3 段の回路に比べて驚ろくほど容易にかけられる。電圧電流値も大体 2A3 の規格通りになる。

しかし、2A3 ではより以上の出力を求める場合、パラレルにするか、プッシュプル回路を選ぶことになる。パラレルにすれば電流はシングルの場合の 2 倍の 120mA に達し、内部抵抗は  $\frac{1}{2}$  の  $400\Omega$  というきわめて低い値になる。電源回路をよくすれば約 2 倍近い出力は得られるはずであるが、出力管の内部抵抗が低くなればなるほど、電源のレギュレーションをよくする必要がある。これらのカネアイから、2A3 のパラレル・シングルは余り用いられない。しかし、最近では驚ろくほどレギュレーションのいい金属整流器も現れているから、こういう回路も用いられるようになりそうである。

ところで 2A3 をプッシュプルに使用すると、二つの真空管の内部抵抗を考えればいいので、シングルの場合よりは比較的楽になるが、最大出力を得るためにはグリッド・スイングが G-G 間ピーク値で 124V(固定バイアス)~156V(自己バイアス)が必要である。それでは位相反転回路で励振を十分にするためには、インプット・トランスを用いるか、回路をかなり複雑にする必要が起って来る。これは 2A3 のバイアス値が高いためと増幅率が小さいためである。(また、それだけにいい点もある)そこで多極出力管を三結にして増幅率の高い電力出力管を作って用いる方法が考えられる。

たとえばマツダで新しく発表したビーム出力管 6B-G5 を三結にして用いれば、シングルで

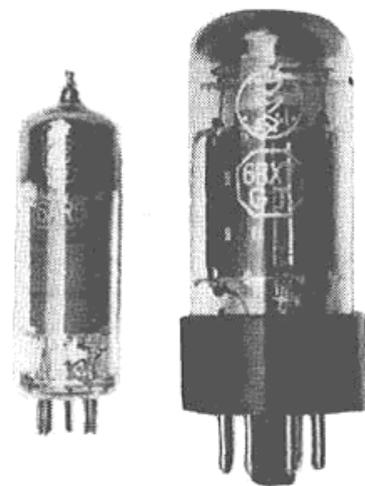


図 1 左：6AR5，右：6BX7-GT

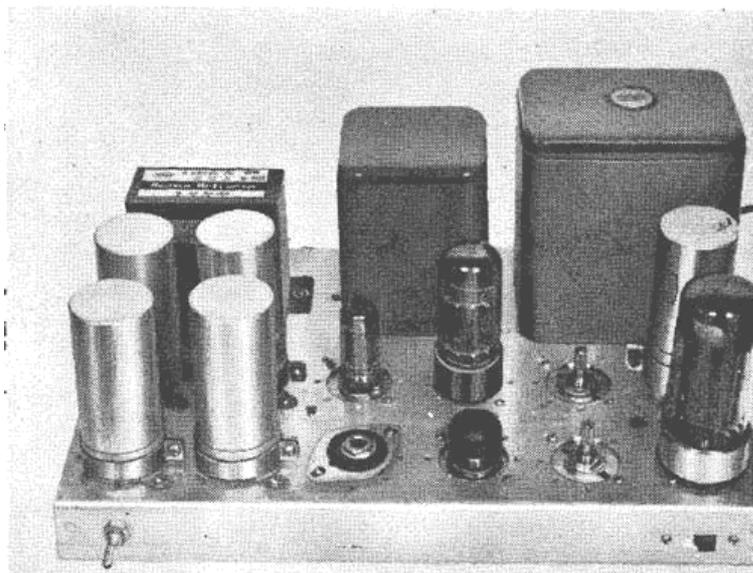


図 2 6BX7-GT パラレル・シングルのアンプ・シャシー

7.5W(歪率 8%), グリッド信号電圧は実効値で 12.2V である。実測ではクリッピング・ポイントで 6.5W であった。プレート電圧は 350V, 電流は 100mA である。またこの三結出力管プッシュプル回路では, グリッド信号電圧 28.6Vr.m.s. で 18.5W が得られる。このときのプレート電圧は 380V, 電流は 2 球で 204mA である。歪は 2.5% 以内である。

## 6BX7 出力管について

多極出力管を三結にして用いるとすぐれた増幅器の設計ができることはいろいろ発表されている。僕自身もいろいろ実験してみたが, リニアースタンドの回路で 6R-P15 の三結を用いた場合と, 回路をそのままウルトラリニア回路に直したときのデータを第 1 表に示す。音質はペントード結合よりウルトラリニア回路がよく, それよりも三結が最大出力は小さくなるがよくなる。

表 1

	6R-P15(三結)P.P.	6R-p15 P.P.	備 考
回 路	リニアースタンド	リニアースタンド +ウルトラリニア	*出力回路だけ
出 力	5.5W	9.0W	クリッピング・ ポイント
入 力	0.7V	0.95V	
NFB 回 路	13.0dB	14.5dB	出力トランスの 2 次側から 初段カソードへかけた量だけ
プレート電圧	330.0V	330.0V	
スクリーン電圧	"	約 330.0V	*プレートに結んである
カソード電圧	14.0V	14.0V	
使用真空管	12AX7-6AU6×2 6R-p15×2	12AX7-6AU6×2 6R-P15×2	

そこで 6G-B8 の三結では大きすぎ, 6R-P15 の三結では小さすぎる。その中間くらいの三極出力管を探してみた。探すといってもカタログにあるだけで, たやすく手に入らないものは, 興味はあるが一般的ではない。

そこで東芝の管球応用技術課へ行って伊井課長に頼んでみたところ, 6BX7 を示された。6BX7 は高 gm の双三極管で, テレビ受像機の垂直偏向発振や増幅用に設計された真空管である。そのデータを第 2 表に示す。大体 12BH7A を大きくしたような球である。僕は 12BH7A や 12B4A のようなテレビ用真空管でプッシュプルで 3~4W は得られる噂もきき, 実験してみないでもなかったが, 3W くらいの出力なら 2A3 で得られるし(実際には 2A3 では, 3W くらい, 電源のレギュレーションの如何によっては 2W 以下しか得られないが)せめてシングルで 2A3 くらいの出力が得られ, しかもグリッド信号電圧は 20V 以下という目標を立てていたから, 6BX7 の実験にどれだけ熱い興味をおぼえたかは想像できよう。

表 2 6BX7-GT の特性

プレート電圧	100	250 V
カソード抵抗部	0	390 Ω
増幅率		10
プレート抵抗		1300 Ω
相互コンダクタンス		7600 μΩ
プレート電流	80	12 mA
$I_p = 50\mu A$ 時の グリッド電圧		-40 V

第 3 図が 6BX7 をパラレル・シングルに用いた回路である, 第 4 図は入出力特性を示し, 出力トランス 1 次 2kΩ の負荷のクリッピング・ポイントが → で表してある。この記事のクリッピング・ポイントとは, 菊水電波の ORC-7, R-C シグナル・ゼネレーターで 1000 サイクルのサイン波を増幅器に入れ, 出力トランス 2 次側に 16Ω の抵抗を結んで, これをオシロスコープで眺め, サイン波の端がクリップの眼に見えた点を指している。同時に菊水電波の PV-107 バルボルで出力電圧を読んだものである,

6BX7 を実働させる方法として、指定のカソード・バイアス抵抗値  $390\Omega$  を、パラレルであるから  $1/2$  の約  $200\Omega$  とし、電流がこの場合  $84\text{mA}$  で  $16.8\text{V}$  に近くなるようにプレート電圧を選んだ。そうするとプレート、アース間の電圧は約  $280\text{V}$  になる。P-K 間には約  $264\text{V}$  にかかることになる。

しかしテスト球は、厳格な規格から落したものであるからやむをえないわけである、それにしても、グリッド・スイング電圧がピーク値で約  $15\text{V}$  付近で、 $5\text{W}$  の出力が得られた。この出力管のいい点はプレート電圧が比較的低いことと、グリッド・リターン抵抗が  $2.2\text{M}\Omega$  まで許せることである。同じ三極出力管でも  $50(250)$  のように  $10\text{k}\Omega$  以内にとどめること、というのでは、抵抗結合回路には用いられない。しかし  $2.2\text{M}\Omega$  が許せるといっても、回路上ではできるだけ低い抵抗値を選ぶ方が安定である。本器では  $250\text{k}\Omega$  にとどめておいた。

この回路では先に述べたように NFB が比較的確にかけられるので、ダンピングをよくするという目的もあるが、まず出力側に現れる 6BX7 の第 2 高調波歪を打消し、歪の少ない最大出力を求めようというわけである。もし 6BX7 がクリッピング出力  $5\text{W}$  を目的として、それ以上の余裕ある出力電力が得られるならば、前月号の記事に示した 2A3 のように負荷抵抗を遙か高く選べば、NFB を用いなくとも、歪を少なくすることも、ダンピングをよくすることもできるわけである。

事実、NFB が考えられなかった 1933 年以前のハイ・フィデリティー再生装置では、出力トランス 2 次側のインピーダンスをスピーカーのその  $1/2$  以下に選んで 1 次側の負荷を高くする方法が実行されもしていたし、理論的に発表されていた。(NFB 回路については本誌の臨時増刊、401 回路集「回路の変遷」を参照)。また、トーカー初期のスピーカーで、現在でも最高のスピーカー・システムであるクラング・フィルムの 30 インチのウーファ + ホーン型スピーカーは、出力トランスの 2 次側の  $16\Omega$  の端子に対して実に  $250\Omega$  のライン・トランスを使用して、そのトランスの 2 次側をボイス・コイルに結んでいる。これを常識的に考えればミス・マッチングもはなはだしいといわねばならない。(本誌・通巻 394 号 P.97 坪田耕一氏の座談記事を参照) こういう方法を考え、それを実行した人こそ、スピーカーを用いていい音にするための NFB というものをよく知っていた人たちというべきである。

6BX7 は NFB をかけないでクリッピング・ポイントを求めると本器の場合  $4.2\text{W}$  (このときはオシロスコープに第 2 高調波歪が認められる)NFB を約  $15\text{dB}$  かけると出力  $5\text{W}$  で、クリップ寸前の波形も改善されたことがわかる。

別にバイアス電圧は変更しないで実測したが、少しでも大きい無歪出力を得たいときは、バイアスを幾分高めにとるとか、出力トランスの 1 次インピーダンスを  $1.3\text{k}\Omega$  にすればより以上増加した出力電力が得られるであろう。

本器のようにシンプルな 2 段増幅器は NFB をかけるためのトラブルは起りにくいので、かなり深くかけても安定である。また、6AU6 の SG-K 間には  $30\mu$  の容量が入れてある。これはたびたびの実験から選んだ量で、この容量を小さくすると不安定になることが多い。Rf  $5\text{k}$  で約  $15\text{dB}$ 、 $10\text{k}$  で約  $11\text{dB}$ 、 $20\text{k}$  では約  $7.5\text{dB}$  と実測された。第 3 表は NFB 量

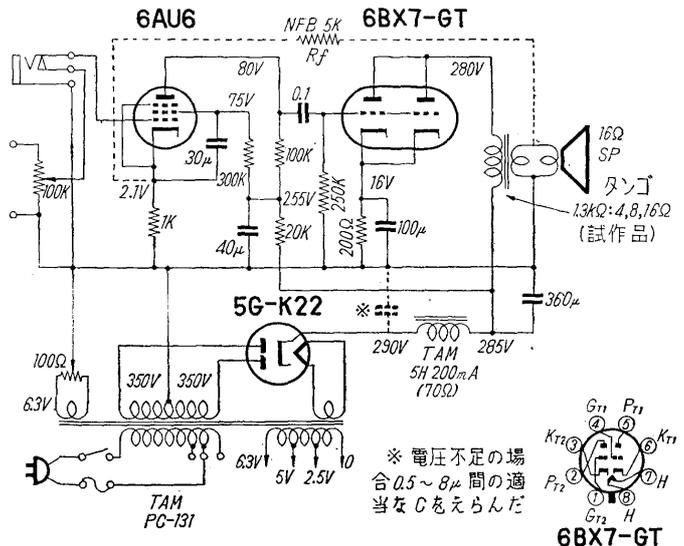


図 3 6BX7-GT パラレル・シングルのアンプの配線図

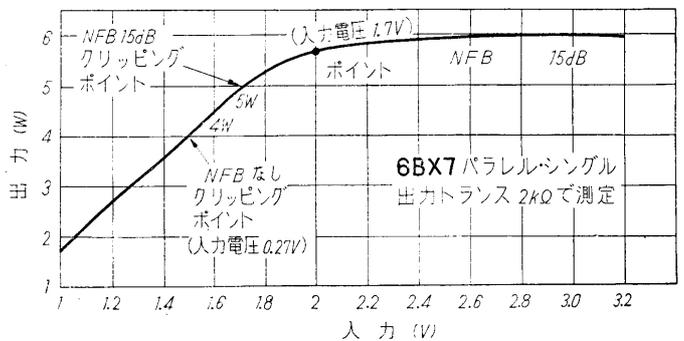


図 4

表 3 6AU6-6BX7GT パラレル・シングル

入力電圧	電力出力状態	出力電力	$R_N$	NFB
0.25V	クリッピングポイント	4.0	ナシ	0
1.0 V	"	4.3	10k	約 11dB
1.7 V	"	5.3	5k	約 15dB

と入力対出力電圧を示す．僕自身は最近 NFB をかけないでは音にならないような増幅器は絶対に作らないという念願を立てた．従って多極管増幅器を作る場合には出力トランスの 1 次側に補償濾波器 (コレクティブ・フィルター) を用いるとか、2 次側にスピーカー・インピーダンス同等の抵抗をパラレルに入れて、それ以上 2 次側のインピーダンスがボイス・コイルの変動によって上らないようにして設計することになる．

そうすると、多極出力管の能率のいいという長所は失われる．いまや僕にとって、特別の回路が考えられない限り多極出力管には何の魅力をも感じない．そういう結論に達するのである．

## シングル増幅器の電源と出力トランス

シングル増幅器は電源を作るようなものであるという説がある．本器もその例にもれず、真空管整流器を用いる普通の回路では、最も贅沢な電源トランスと整流管とフィルター・チョークを用いた上に、 $360\mu$  という大容量のコンデンサーを使った．整流回路はチョーク・インプット型である．電源トランスはコールド・ロールのカット・コアを用いたタムラ製作所の PG-131 型で、チョークは同社の 5H 200mA 直流抵抗  $70\Omega$  の A396 型を用いて、極力ロスを防いだ．

さて、問題のシングル用出力トランスであるが、6BX7 の内部抵抗は 1 本当り  $1300\Omega$  である．パラレルにして約  $650\Omega$  とすれば、三極出力管の定道に従って出力トランスの 1 次側を  $1300\Omega$  にとれば、このシングル・トランスの設計製作は  $8k$  とか  $10k\Omega$  のプッシュプル用に比べて非常にラクであるはずである．ただし 1 次側にリアクター・チョークとコンデンサーを用いて、パラレル・フィード方式をとらず、1 次側の P-B 間に直流を流すからコアのサチュレーション歪が問題になる．そういう歪を起さないようにコアにギャップを設ける．そうすれば 1 次インダクタンスは減少して特に低い周波数特性は悪くなる、

ところが、内部抵抗の低い三極出力管を用いると、1 次インダクタンスは数  $10H$  程度で十分に実用になる．その上、太い銅線を用い巻数も僅かですむから、銅損が少なく能率もいい．と同時に線間の容量も小さく高い周波数特性もよくなる．従ってロー・コストになる．出力トランスをコスト・ダウンする方法は、設計が楽で、トラブルが少なく、工作が楽で、ブドマリのいいことが条件である．材料などがコストにあまり関係しないことは同型、同材料の低周波チョークのコストを考えてみればよい．

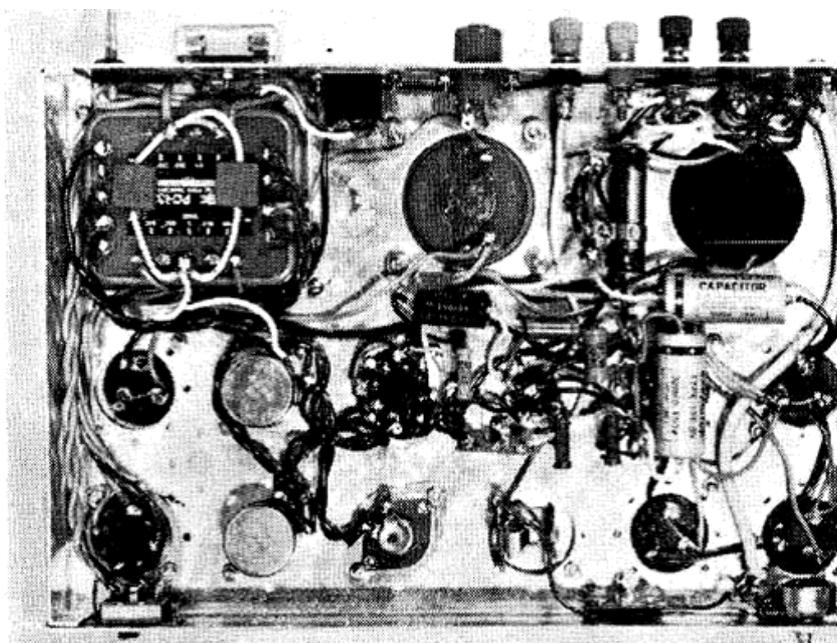


図 5 6BX7-GT パラレル・シングルのアンプ・チャシー裏

この出力トランスは、平田富弥氏を煩わせて試作してもらったタンゴ・出力トランスである．この測定データは  $2k\Omega$  の出力トランスを使用して行ったもので  $1.3k\Omega$  の出力トランスによるデータは、いずれ 6BX7 プッシュプル試作記のときに発表する予定である．

なおこの 6BX7-GT という双三極管は、もとはアメリカの G.E. で開発したたまとのことである．(Z)

(『無線と実験』1958 年 10 月号)