

## 6C33C-Bプッシュプル モノラルアンプ

A級動作で大出力21W, 安定動作にも配慮

長島 勝 | NAGASHIMA Katsu

ロシア(旧ソ連)を代表する大型レギュレーター管6C33C-Bは、超低インピーダンスを生かしたOTLアンプの出力管などとして人気を博していたが、個体差など、独特の使いにくさがあったためか、近年の使用例は多くない。本機は、エージングやペア選別、長期使用にも考慮した設計のプッシュプルモノラルアンプ。ロシア管6N1P, 6N6Pによる平衡型2段増幅で、出力段は半固定バイアス式のA級動作で出力21W。ワイドレンジで分厚いサウンドが楽しめた。





## シャシー内部の配置

シャシーアースポイント

写真では耐圧160Vだが  
250Vにすること

熱収縮チューブで絶縁

ヒューズ2A

1L6Pを  
5Pに加工

ヒューズ  
3A

電源部のシャシーアースポイント

モノラル構成で信号経路が一直線なので、回路の理解が容易。写真下側の出力管は6, 7番ピンのヒーター、上側は1, 2番のヒーターを使用することで、入れ替えると使用するヒーターが変わるようになっている

1970年代中ごろ、サンセイエンプライズのジャン平賀氏が紹介したソ連(当時)製の大型管EC33Cは、当時1本18,000円もする高価な真空管でした。

1990年代に6C33C-Bと管名を変えて大量に輸入されるようになると安価に手に入るようになり、一時期はOTLアンプ用として持てはやされましたが、近年はあまり作例を見かけないように思います。

その6C33C-Bを安く秋葉原で見つけたので、プッシュプルアンプを作ってみたくになりました。ちょうど同じころ、染谷電子のサイトで1k $\Omega$ プッシュプルトランスを見つけたのも製作のきっかけです。

### 6C33C-Bの規格とエージング

旧ソ連で開発された傍熱3極レギュレーター管6C33C-Bは、6.3V/3.3Aのヒーターを2本と、内部

で並列接続されたカソードとグリッドをそれぞれ2つ持ち、プレートは共通になっているという特殊な構成の真空管です。

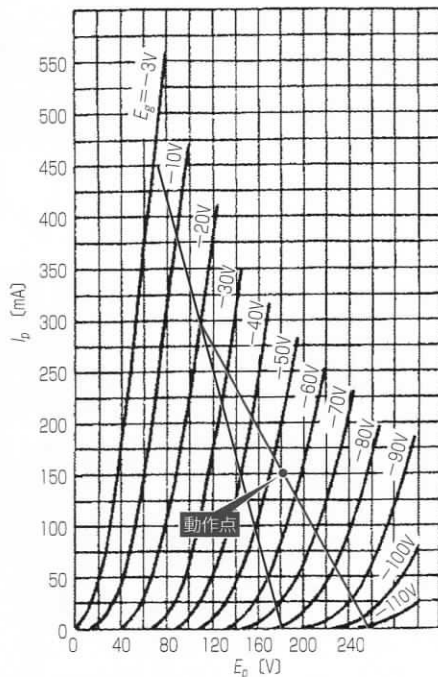
プレート損失 $P_p$ は両ヒーター点灯時では60Wですが、プレート電圧 $E_p$ が250V以上では30Wに規制されているのに対して、片ヒーター時の $P_p$ は45Wで、250V以上の $E_p$ での規制はありません。

6C33C-Bの代表規格は、 $\mu$ が2,  $g_m$ が28mS,  $r_p$ が80 $\Omega$ です。表1に



[表1] 6C33C-Bとその近縁のレギュレーター管の規格

管名	$E_h$ [V]	$I_h$ [A]	$P_p$ [W]	$E_{p\max}$ [V]	$\mu$	$g_m$ [mS]	$r_p$ [ $\Omega$ ]	形式
6C33C-B	6.3	6.6	60	450	2	28	80	単3極
7241	6.3	7.5	100	400	2.7	40	67	単3極
7242	6.3	7.5	100	400	9	111	82	単3極
6C41C	6.3	2.8	25	450	—	19	—	単3極
6336	6.3	4.75	30	400	2.7	11	250	双3極
6528	6.3	5	30	400	9	37	245	双3極
6C19P	6.3	1	11	350	2.25	7.5	300	単3極
A2293	6.3	0.95	15	300	4.5	12	375	単3極
6R-A3	6.3	1	15	250	3	12.5	240	単3極
7233	6.3	1	8	330	4	17.5	230	単3極
6080	6.3	2.5	13	250	2	7	280	双3極
5998	6.3	2.4	13	250	5.4	15.5	350	双3極
EC360	6.3	1.9	25	300	2.5	20	120	単3極
ED8000	6.3	0.8	17	300	3.6	16	220	単3極

[図1] 当初想定した6C33C-Bの動作条件 ( $I_p=200\text{mA}$ )[図2] プレート電流を抑えた6C33C-Bの動作条件 ( $I_p=150\text{mA}$ )

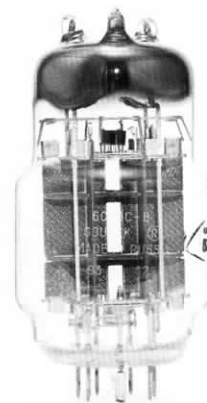
同規模の各種レギュレーター管との比較を示します。

規格表には120秒の予熱時間が必要とありますが、アンプに組まれてエージングされた後は違うようで、那須好男氏の6C33C-Bシングルでは余熱6秒でも問題なかったとされているので、本作例では面倒なタイマーリレーなどは省略します。私の経験では、6C33C-Bよりラフな構造の6080のダイオード整流でもディレイなしで問題がなかったのです。はるかに堅牢に作られた6C33C-Bでできないわけはありません。

そのために、使用前に出力管の

エージングができるようにしました。エージング中に6C33C-BにB電圧がかからないようにするにはスイッチではなくヒューズを使います。エージング中はヒューズを抜いておき、エージングが終わればヒューズを入れて使用します。これでディレイ機構が省けます。

本機では、6C33C-Bの2本あるヒーターの片側のみを使用します。6080や6336の平行使用では、カソードにそれぞれ抵抗を入れて各ユニットに流れる電流を揃えますが、6C33C-Bの2つのカソードは管内で接続されているのでこの方法が採れません。電源投入



6C33C-Bの電極構造は双3極管を思わせるが、2つのユニットは内部で接続されている。本機に使用した個体は旧ソ連製ではなくロシア製

時にカソードの温まり方に差が出るため電流が偏り、電流が多く流れるほうは加熱されてさらに電流が増すので、スパークしやすくなります。

## 6C33C-Bの動作

### (1) 動作条件の検討

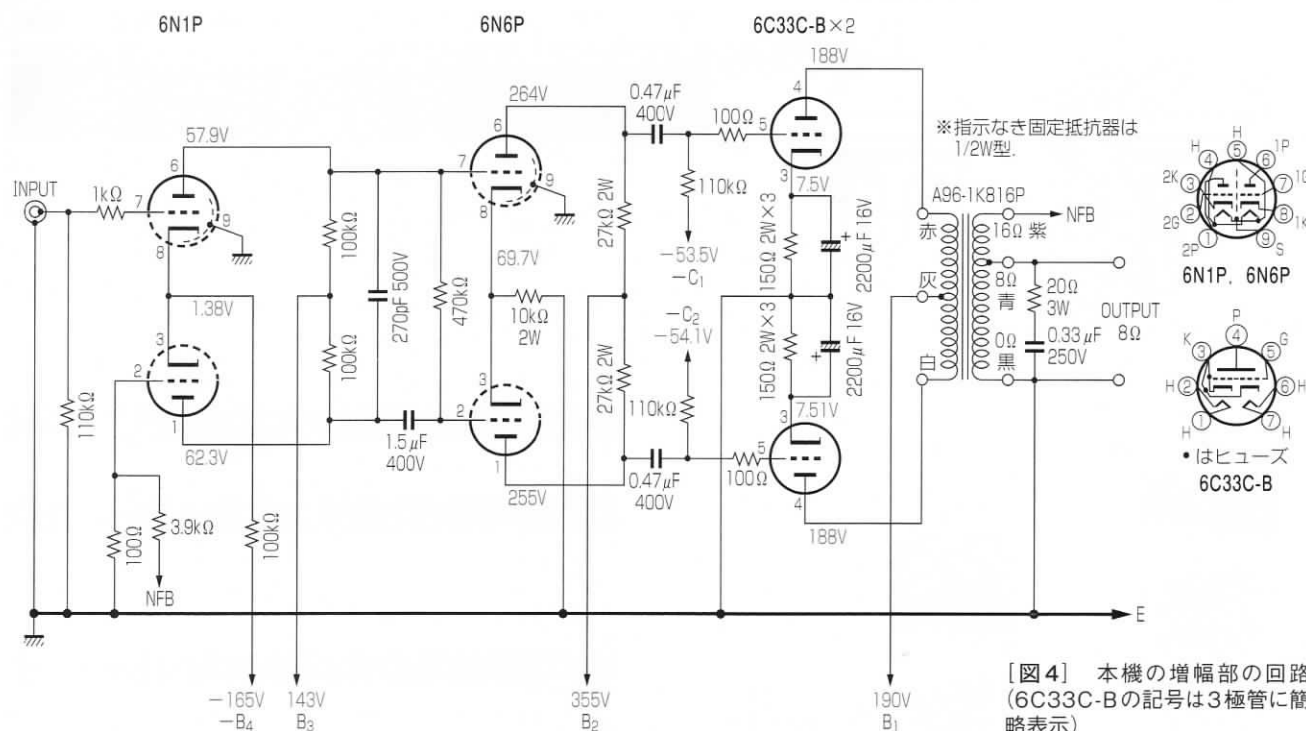
6C33C-Bアンプの場合、プレート電流の安定のためには自己バイアス式のほうが望ましいのですが、発熱が大きいので作例の多くは固定バイアス式です。

本機では妥協策として、6080などの動作例に倣ってバイアス電圧の1/5値程度の電圧になるカソード抵抗を入れてバラツキを抑えるようにしています。実際には計算しやすい50 $\Omega$  (150 $\Omega$ の3本並列)としています。そのため、本機は半固定バイアスとなっています。

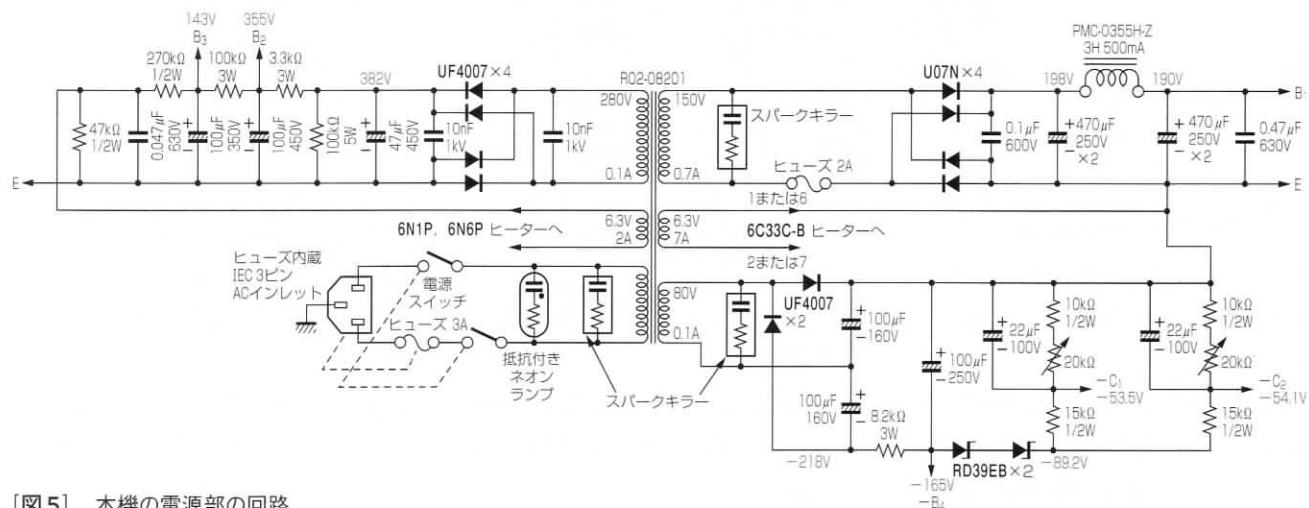
本機の設計に参考になりそうな作例としては、EC33C時代の本誌1981年3月号に森川忠勇氏が発表した100W規模のAB<sub>1</sub>級プッシュプルアンプがあります。その記事には動作例も豊富で、300 $\Omega$ から1.2k $\Omega$ までのさまざまな負荷抵抗での動作や、片ヒーターでの動作が検討されていました。

また、『ラジオ技術』1994年6月号に発表された氏家高明氏のプッ





〔図4〕 本機の増幅部の回路  
(6C33C-Bの記号は3極管に簡略表示)



〔図5〕 本機の電源部の回路

## (2) ペア選別

選別のための $I_p$ は、バイアス電圧を $-60\text{V}$ にして測定しました。もっとバイアスが浅いところで行いたいのですが、バラツキの上限で $I_p$ が $200\text{mA}$ を超えるおそれがあったので、この条件にしました。

表2のように、8本で辛うじて2ペア取ることができました。2つのユニットの差が大きいと、スパークの可能性が増すと思います。やはり、2つのヒーターを使用するようにしないでよかったと思いました。

$I_D$ を120mAまで絞れば同じ設定

で6C41Cも使えると思いますが、  
温度上昇やプレート損失の余裕度  
の点では、6C33C-Bのほうがベタ  
ーだと思います。

初段, 2段目はロシア管の6N1P (6H1П) と6N6P (6H6П) を選びました(表3).

## 回路構成

電源からのノイズに強い平衡型2段増幅を採用しました。回路を図4、5、主要部品を表4に示します。

### (1) 初段

音量調節ボリュームは設けず、  
入力された信号は110k $\Omega$ で受け、  
寄生発振防止の1k $\Omega$ を経て6N1P  
第1ユニットのグリッド(7番ピ  
ン)に入ります。

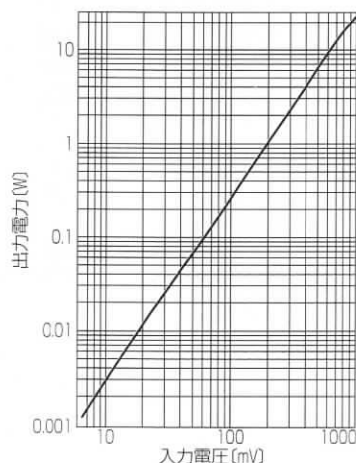
初段で位相反転します。2つのユニットのカソードは接続されていて、100k $\Omega$ でマイナスに引かれています。第2ユニットのグリッド(2番ピン)は100 $\Omega$ でアースされ、そこに負帰還が出力トランスから戻されます。

プレート負荷抵抗は100k $\Omega$ です。  
上側のプレートは次段のグリッド

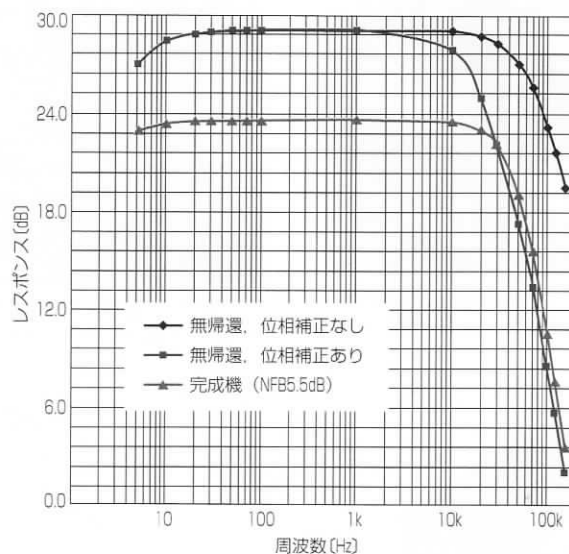


[表5] 残留ノイズ

フィルター	オープン (8Ω)			ショート (8Ω)		
	なし	400Hz	Aウエイト	なし	400Hz	Aウエイト
Lch [mV]	0.820	0.030	0.013	0.160	0.015	0.003



[図8] 入出力特性 (8Ω)



[図9] 条件別の周波数特性 (1V, 8Ω)

ーを選んでいます。

## 諸特性

完成機の無帰還時の特性は測定していません。また、測定にはLch用を使いました。

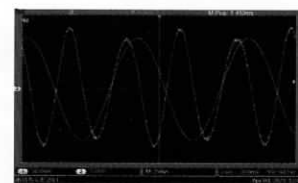
残留ノイズはオープンで0.82mV、ショートで0.16mVでした(表5)。

ゲインは23.6dBで、少し高めです。

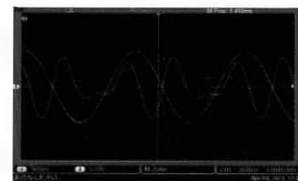
入出力特性は図8で、1kHz正弦波の歪みの状態は写真1です。1kHz, 1Vでは2次高調波が主体だということがよくわかります。平衡スタイルの回路ですが、どこかア

ンバランスなところがあるためですが、歪率としては0.09%程度なので、少ないと言っていいでしょう。7Vでは高次高調波が増えて歪みの波形が変化し、13Vで頭が切れ始めます。このときの出力は約21Wです。

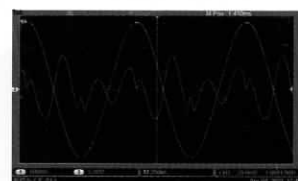
1V, 8Ωの周波数特性(図9)は広帯域で、-1dBでは低域側は測定不能で高域は24kHz, -3dBでも低域側は測定不能、高域側40kHzになりました。50W型のトランスなので低域側には余裕がありますが、位相補正のために高域特性がいくらか犠牲になっています。



(a) 1V (入力50mV/div, 出力5V/div, 250μs/div)



(b) 7V (入力500mV/div, 出力5V/div, 250μs/div)

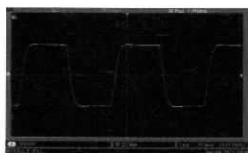


(c) 13V (入力500mV/div, 出力5V/div, 250μs/div)

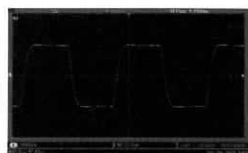
[写真1] 1kHz正弦波と歪み成分 (8Ω. 入力: 黄, 出力: 青)

歪率特性の最低値は、1kHzで0.042%と好成績でした(図10)。いつものことながら電源のフリッカーがありましたが、平衡回路のためあまり影響を受けていないようです。しかし、前述のように、チョークコイル後の平滑コンデンサーはもっと大きいほうがよいように思えました。

歪率カーブは3周波数ともほぼ揃っています。10kHzが少し悪くなっているのは、位相補正の影響で高域のゲインが落ちてNFB量



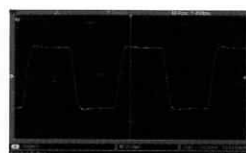
(a) 8Ωのみ



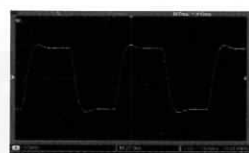
(b) 8Ω//0.047μF



(c) 8Ω//0.1μF



(d) 8Ω//0.22μF



(e) 8Ω//0.47μF

[写真2] 容量性負荷の10kHz方形波応答 (出力のみ, 500mV/div, 25μs/div)



(a) 入力開放∞



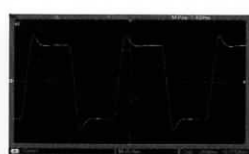
(b) 0.047μF



(c) 0.1μF

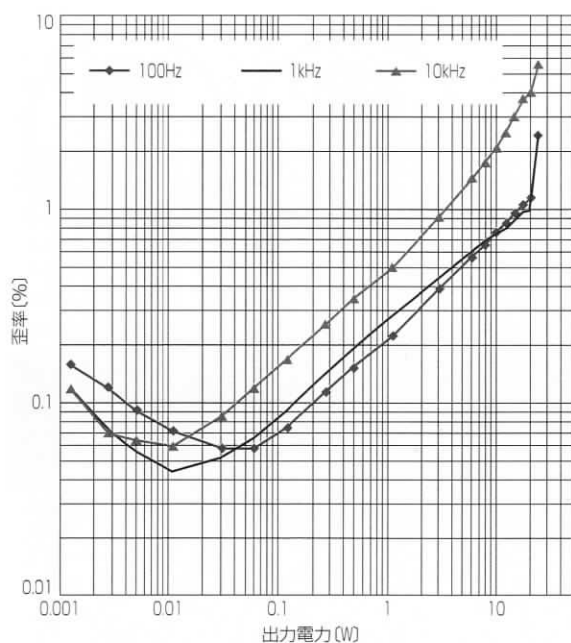


(d) 0.22μF

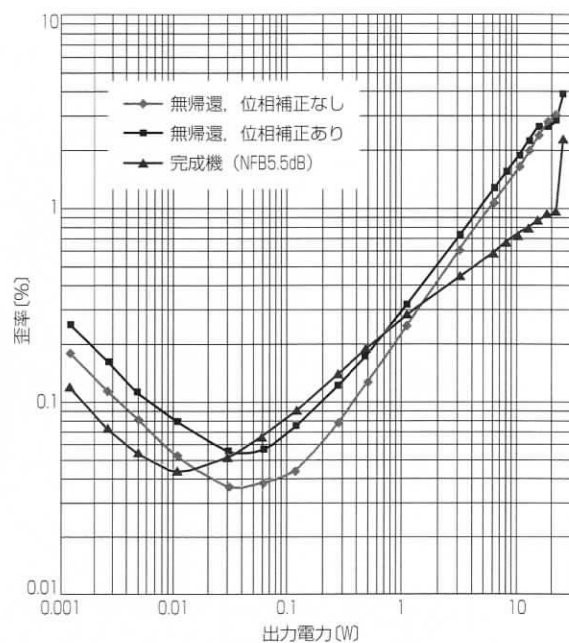


(e) 0.47μF

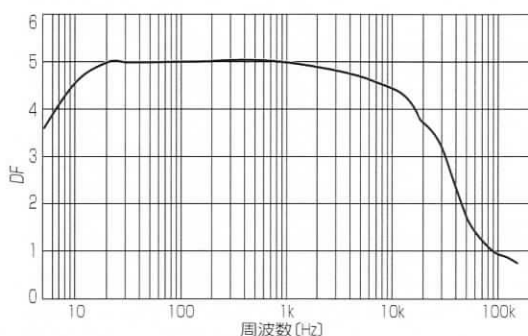
[写真3] 純容量負荷の10kHz方形波応答 (出力のみ, 500mV/div, 25μs/div)



[図10] 各周波数の歪率特性 (8Ω)



[図12] 位相補正と歪率の関係 (8Ω)



[図11] ダンピングファクター (8Ω)



50W型の出力トランスに負けない存在感を持つ6C33C-Bの威容を生かした安定感のあるデザイン

が減っているためです。

10kHz方形波の観測結果が写真2, 3です。8Ω負荷での2V<sub>P-P</sub>の測定です。8Ω純負荷では立ち上がりがありあまり速くはありませんが、きれいな方形波です。0.047μFや0.1μFを付加してもほとんど波形は変化しませんが、0.22μFでは少しオーバーシュートが見え、0.47μFになるとオーバーシュートがハッキリ現れます。

無負荷ではオーバーシュート気味で、純容量負荷0.047μFではオーバーシュートがハッキリしてきます。0.1μFでは一つ目の山が確認でき、容量が大きくなるにつれて山は大きくなりますが、リングングは見られません。

ダンピングファクター (図11)

も高域が低くなっています。これもNFB量の減少によるものでしょう。

## 負帰還と特性

製作途中で周波数特性(図9参照)と歪率(図12)を測定したので比較してみます。

周波数特性は無帰還、位相補正なしで最も高域が伸びています。感度が29.1dBと高すぎる点が難点ですが、そのまま使ってもよいように思いました。初段のゲインを下げれば使いやすくなります。例えば、初段も6N6Pに変更するのもよいでしょう。

消費電力は静止時122Wで、消費電流は1.36Aになりました。ヒ

ューズは3Aとしています。

## ヒアリング

分厚い音です。イェルク・デームスイェルクデムスの「月の光」では、さざ波の少ない湖は非常に深く、月の光は黄色みを帯びています。「トッカータとフーガ」では低域の厚みがあります。

エレナ・モシユクのソプラノは生き生きと聴こえます。比較に用いたF2a11プッシュプルアンプ(2020年3月号掲載)より少し丸い感じがします。位相補正の270pFを200pF程度にすると、またよくなるかもしれません。

全体的に残響が長く残るように聴こえます。