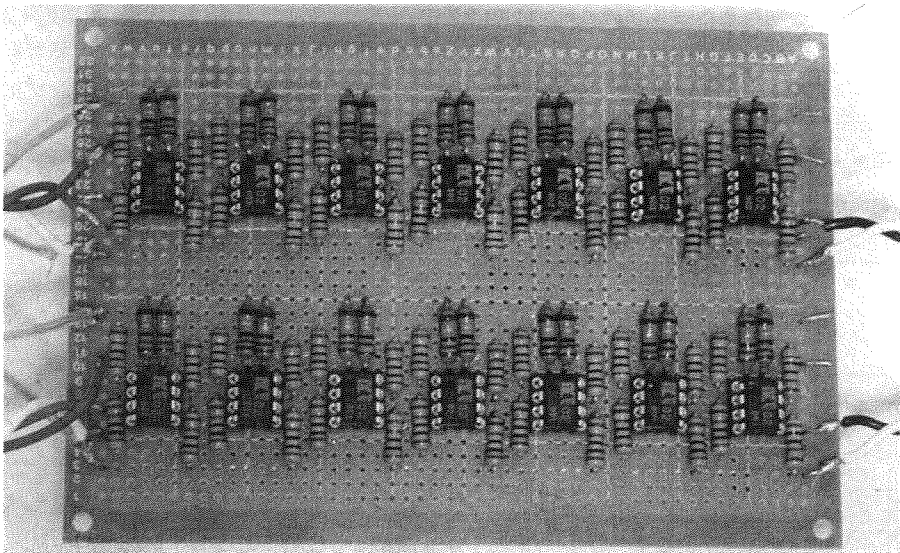


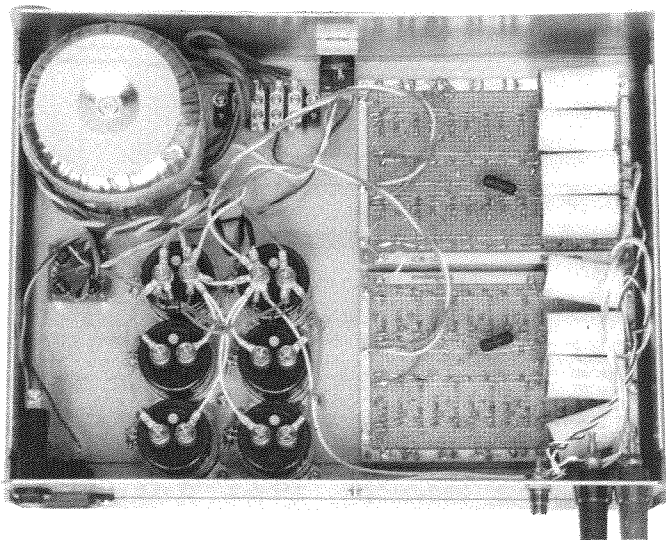
●オペアンプを28コ並列にして出力16Wを出す オペ・パワー・アンプを作る



《写真A》
MUSES 02オペ
アンプを14コパ
ラレルにした

別府俊幸

◆
本機は突拍子もないアンプであることは確かですが、といて奇想天外というものではありません。素子のパラレル使用そのものは、プリアンプの入力段やDAコンバータ、もちろんパワー・アンプでも馴染みのものです。ただ、電圧増幅素子であるオペアンプをズラッと並べてパワーを取り出す、という発想が何ともユニークなのです。やってみなければわからない、これこそアマチュア魂そのもの！かねて小電力素子の方が音がよいと主張してきた筆者にとって、これは一歩理想に近づいたアンプかもしれません。(編)



《写真B》上の基板を2枚使ってモノラルアンプとした

素子の種類や数は、少ないほどよい

オーディオでは、途中で何かを挿入すると音は悪くなります。

“音のよい接続ケーブル”であっても、20本もつなぐよりは1本の

方が色づけの少ない音ができるでしょう。“最高級ロータリ・スイッチ”も10回通過させるよりは1回にとどめた方が、クリアな音ができるでしょう。ペラペラのプレスのRCAジャックはいうに及びませんが“純銅削り出し金メッキXLRコネクタ”

であっても、10個もつなげば音はガサツくに違いありません。ただし、プレスRCAジャックを1回通過させたとき、純銅削り出し金メッキXLRコネクタを10回通過させたときのどちらが劣化するかは、聴いてみなければわかりません。

私は、増幅回路も同じと考えます。フラット・アンプを2台通過させれば、1台のときよりも確実に貧相な音になります。秀逸なMUSESオペアンプであっても、10回も通過させれば残念な音になるでしょう。

もっとも世の中には、「音のよくなるアンプ」を通した方が通さないよりもよくなる、と考えるヒトもいるそうです。聞くところによると、電子ボリューム(A社のE〇〇-3)をフラット・アンプ(機械式ボリュームのついた!)とパワー・アンプの間に入れ、「音がよくなる」と文句をいつてきた人があるそうです(もちろん、本誌のサービス部を通じてのコメントではありません)。

入れて音質が劣化したなら、「はい、そのとおりでしょう」とお答えするのですが…

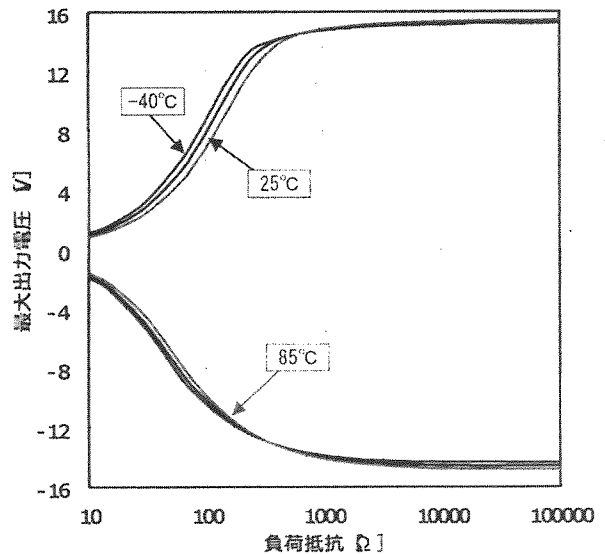
オペアンプで音を出す構(妄?)想

新日本無線 MUSES 02/8820 オペアンプは、強力な出力段を内蔵しています。第1図に最大出力対負荷抵抗特性を示します。特性図からは、100Ω負荷で±7V(4.95Vrms)、200Ω負荷で±11V(7.78Vrms)の出力が得られます。電流に換算すれば

パラレル数	最大出力(W) 負荷抵抗		
	2Ω	4Ω	8Ω
14		2.5	
28	4.5	7.2	7.9
56	14.6	16.4	9.5

〈第1表〉パラレル数と最大出力、負荷抵抗の関係

〈第1図〉
MUSES02 オペアンプの負荷抵抗対最大出力特性



ば100Ω負荷で±70mA、200Ω負荷で±55mAの計算です。並のオペアンプではありません。

ところで、スピーカのインピーダンスを4Ωとしますと、10W出力は実効値6.32Vrmsです。つまりピーク出力電圧±8.94V、ピーク出力電流±2.24Aです。オペアンプ1個あたり55mAの出力が得られるのであれば、41個をパラレルに接続すれば計算上、10W分の電流が得られるはずですが、このときオペアンプ1個あたりの負荷も4Ωの1/41ですから164Ωと計算されます。164Ω負荷時のピーク出力電圧も第1図から±9V以上と読み取れます。思惑とおりに動けば、オペアンプだけでスピーカが鳴らせそうです。

オペアンプで直接スピーカがドライブできれば、パワー・アンプの出力トランジスタやドライバ・トランジスタの音質劣化をなくせます。オペアンプ側にも低負荷ドライブとパラレル使用が音質劣化をもたらす可能性があります。どちらのデメリットが大きいかは、聴いてみなければわかりません。

なお100Ω負荷で±7Vは、

MUSES 02の絶対最大定格の負荷電流±50mAをオーバーしています。念のため「大丈夫か」とメーカーに問い合わせると、「保証はできませんが、基本的に温度上昇させない限りは大丈夫」とのことです。これは、やって聴くしかなさそうです。

パラレル接続を試してみると

素子をパラレル接続すると、音が変わります。D/Aコンバータはいうに及ばず、抵抗やトランジスタも、パラレル接続とすれば音は変わります。もちろん、オペアンプも例外ではありません。

パラレル接続動作と、シングルで動作させたときのどちらの音がよいかは、やっぱり聴いてみなければわかりません。経験的にトランジスタのパラレル使用は音をギスギスさせます。ところがD/Aコンバータの電流出力は、加算すればするほどよくなります。考えるに、1つのフィードバック・ループの中でのパラレル使用はよくなく、別々のフィードバック・ループの出力加算は悪くなさそうです。

MUSESオペアンプもデュアルの出力を足し算して聴くと、ディテ-

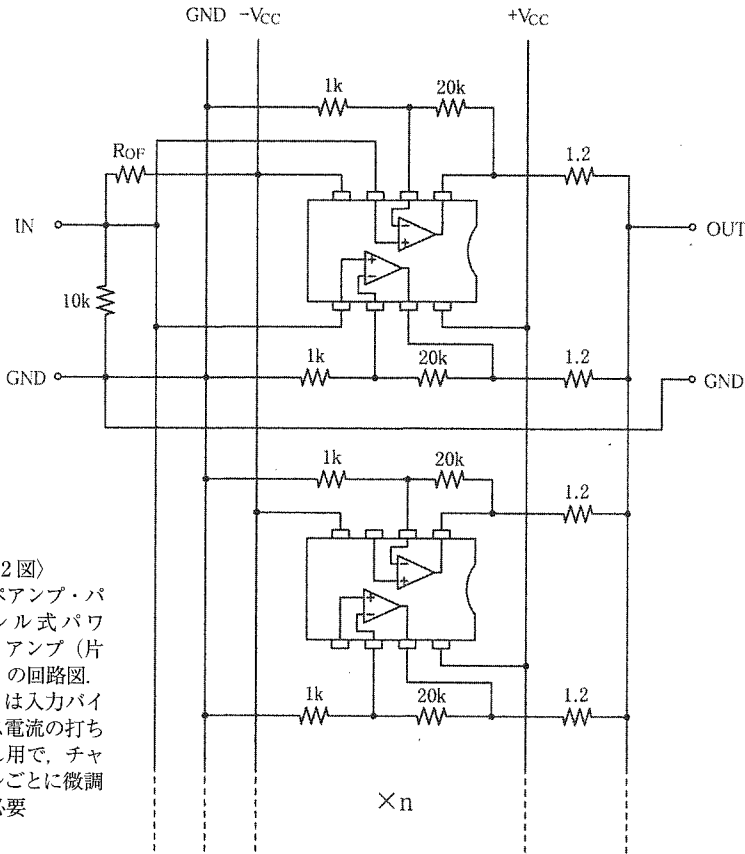
第1表に示します。

回路——入力バイアス電流の打ち消しが必要

回路を第2図に示します。ふつうの21倍非反転アンプです。オペアンプがn個、したがってアンプが2n回路並列に並びます。オペアンプの出力は、1.2Ωを用いて合成します。1.2Ωの値に必然性はなく、この大きさの音のよい抵抗で、これ以下の値が得られなかったためです。出力抵抗の値はもう少し小さくした方がよいかとも思いましたが、56パラレルでは0.214Ωです。まあ、スピーカのダンピングに影響はないでしょう。

なお、残念ながら出力抵抗を省略して出力を直接接続すると、オペアンプはそれぞれのゲインとオフセット電圧の差を相互に打ち消そうと動作するため、電源電流が増加してしまいました。すなわち、やけに発熱します。ですので、これは却下。

また、入力側も56個も並列にしますと、入力バイアス電流がオフセット電圧として現れます。MUSES 02オペアンプの入力回路は、第3図に示すNJM4558と同じく、エミッタが+側に接続されたpnpトランジスタ差動回路です。したがって、バイアス電流は入力端子から流れ出ます。標準100nAですから、56パ



〈第2図〉
オペアンプ・パラレル式パワー・アンプ(片ch)の回路図。
 R_{OF} は入力バイアス電流の打ち消し用で、チャンネルごとに微調が必要

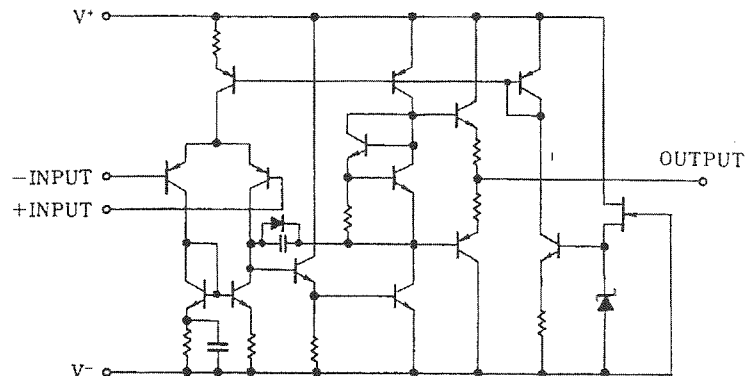
ルを描き出すような音の密度を高めるような傾向を感じます。悪くありません。何十個もパラレルとして、どうなるか。聴いてみたいとの好奇心が高まります。

サンハヤトのICB-505基板にオペアンプが何個並べられるかと試しますと、7個×2列並びます(写真A)。まずは、チャンネルあたり7個の14パラレルで試聴しました。

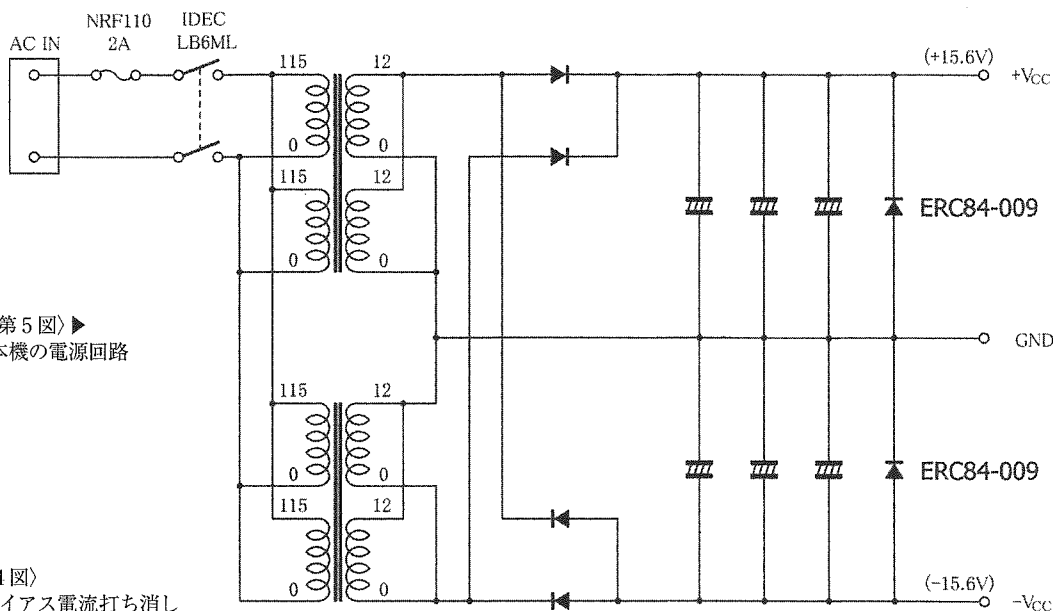
4Ω負荷での出力は、2.5Wとわずかです。しかし、音は、透明度の高い澄んだ音です。というよりも、オペアンプの個性がストレートにそのまま出てきます。パワー・アンプのヴェールがなくなり、そのままオペアンプの音が聴こえる感覚です。しかし、さすがに出力は不足です。音量を上げると、クリッピングしないうちから、音像が崩れる傾向があります。オペアンプあたりの負荷は

56Ωですから、そもそも、この負荷で鳴ること自体MUSESオペアンプの非凡さを表しています。

14パラレル・ステレオ基板は28パラレル・モノ基板へと接続を改め(最初からそのつもりで作っていました)、さらにはICB-505をチャンネルあたり2枚として、オペアンプ28個の56パラレルとしました。出力は4Ω負荷で16.4Wです。出力の変化を

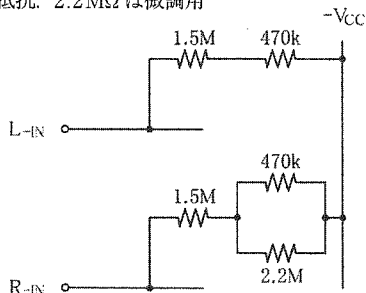


〈第3図〉オペアンプNJM4558の内部等価回路



◀(第5図)▶
本機の電源回路

▼(第4図)
入力バイアス電流打ち消し
抵抗. 2.2MΩは微調用



ラレルで $5.6\mu\text{A}$ となります。10kΩの入力抵抗では5.6mVとなり、出力に100mV以上のオフセット電圧を生じます。

このバイアス電流は、マイナス電源との間に高抵抗を用いてキャンセルしました。第2図のROFです。抵抗を入れ替えて調整しました。いうまでもありませんが、半固定抵抗で調整しては音が悪くなります。せっかく機械式ボリュームをなくしているのに、ここに使うわけには行きません。

調整の結果、ROFは第4図のようになりました。だいたい $5.6\mu\text{A}$ をマイナス側に流している計算です。

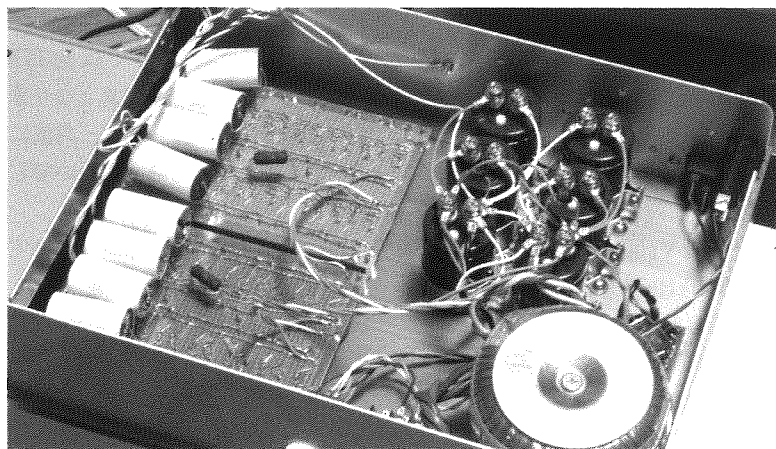
電源回路を第5図に示します。トランスは手元にあったインド製のト

ロイダル (RS 671-9113) です。大きさ的には80VAを2個、このケースに押し込めます。ただ、音的には、いかにもトロイダルらしい寝ぼけたような感じです。さらにいえば、カタログには“うなり音が小さい”とありますが、日本の感覚からは“うるさい”のです。さらに文句をいいたいことに、うなり音が大きくなったり小さくなったり変動します。これは国産のEIコアにして試したいところです。

ケースはタカチのUC32-8-24で

す。フロントとリアのパネルが薄いことを除けば、使いやすいケースです。背が低いので、電源ケミコンはKMH 25V15000 μF を3並列としています。モノラルの2台でケースの色が異なっていたり、あちこちまちがった穴が空いていたりしますが、ご愛敬ということで…。

写真Bにケースに配置した基板と電源を示します。回路図上は入力抵抗は10kΩを1本としていますが、実際には基板ごとに20kΩを入れています。これは、28パラレルで測



●シャシー内部の様子

定と試聴をした名残です。抵抗は、入力抵抗のみビシエイ・デール NS-2、出力抵抗 1.2Ω はタンタル 1/2 W、その他はタクマン電子 REY 50 です。

また、写真 B よりおわかりいただけるかと思いますが、パソコンは ASC X363 10μF 100V を、それぞれの基板に 4 個ずつ使用しました。

余談ですが、ASC X363 はアメリカのショップより通販で購入しました。秋葉原の K 無線で購入するより安い、と喜んでいたのですが、X363 と記されているものの、リード線が磁性体です。

“まさか！”と比較試聴しますと、音が違います。ひずみっぽい音です。X363 の透明感もサウンドの厚みも殺がれてしまっています。

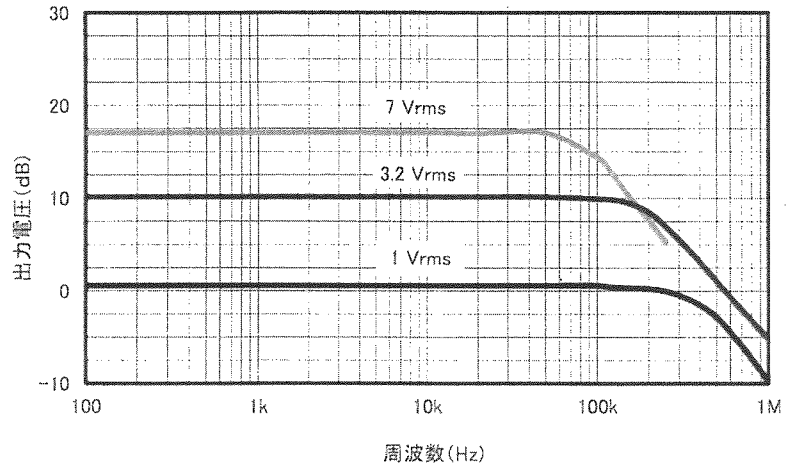
調べてみますと、アメリカのショップで扱っている X363 は台湾メーカーの OEM 品であり、USA 製とはまったくの別物とのことです。もともと台湾メーカーで製造していたコンデンサの電気的仕様がほぼ同じであったため、ASC ブランドとして流通されているとのことです。しかし、(オリジナルの X363 がロットによって異なるため)外見上は区別のしようがありません

写真 B は台湾製です。磁石でリードが磁性体か非磁性体かを調べるしかなさそうです。もちろん USA 製に入れ替えました。

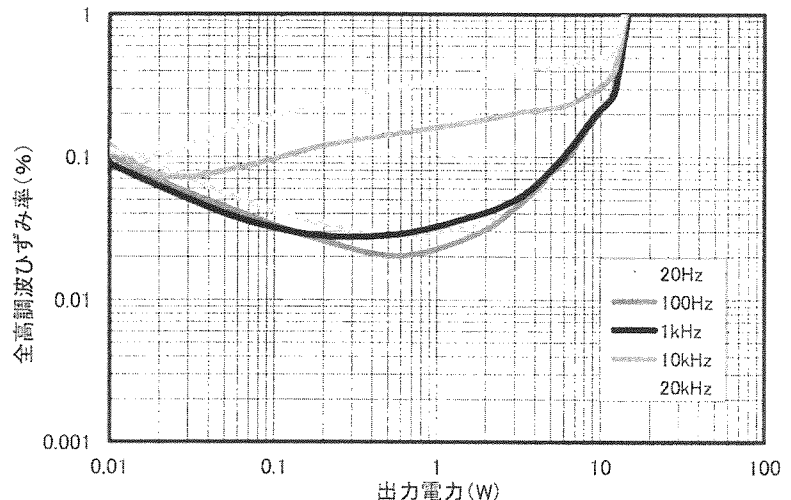
特性はまず問題なし

第 6 図に周波数特性 (4Ω 負荷) を示します。1Vrms 出力での -3dB 点は約 500kHz です。これは MUSES 02 の GB 積による限界でしょう。GB 積は標準で 11MHz ですから、ゲインの 21 で割って、帯域幅 524 kHz と計算されます。

出力をアップすると帯域幅が減少



〈第 6 図〉出力電圧の周波数特性



〈第 7 図〉負荷 2Ω のときの周波数別のひずみ率特性

しますが、これは MUSES02 のスルーレート限界と考えられます。スルーレートは $5V/\mu s$ が標準ですから、3.2Vrms 出力では約 170 kHz より減衰が始まる計算となります。波形的にも、正弦波が三角波に近づきますので、まちがいないでしょう。

負荷抵抗 2Ω、4Ω、8Ω でのひずみ特性を第 7、8、9 図に示します。負荷抵抗を減少させると、ひずみの増加が見られます。とくに 10kHz、20kHz が他の周波数よりも高くなっています。MUSES 02 を低負荷で使用すると、この傾向が現れます。

もともとこれだけ低い負荷抵抗をドライブする設計ではないために、ドライブ段の電流供給能力が限界に達しているためと考えられます。

しかし、ひずみの値は 2Ω の 20 kHz でも 0.5 % 以下です。問題ない数値でしょう。というよりも、20 kHz の高調波ひずみがヒトの耳に聴こえるハズはありません。10kHz の 2 次調波も私には聴こえません。

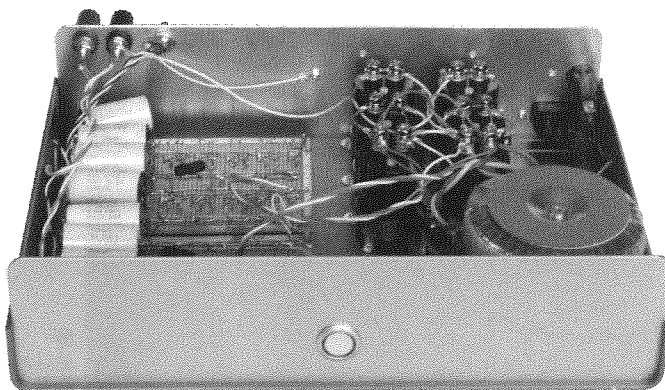
音——気に入りました

さて、音です。

じつは当初、さすがに MUSES 02 を 56 個も並べるのに躊躇し、

MUSES 8820 を用いて試聴しました。ところが、よくも悪くも MUSES 8820 サウンドがストレートに聴こえます。これまでにオペアンプをいくつも比較試聴しましたが、過去の比較よりも、はるかにはっきりとオペアンプの特徴が聴こえます。いつもは重なっているパワー・アンプの音がなくなり、霞がなくなり澄み渡ったかのように、オペアンプの音が聴こえます。

悪くありません。MUSES 8820 の分解能の高いディテールまで見透せるサウンドです。それがパワー・



●正面から見た本機

トランジスタに遮られることなく、ストレートに聴こえてきます。ただ

し、8820 の弱点もストレートに聴こえてきます。MUSES 02 と比べて響きの甘さもはっきりとわかります。

これはやはり MUSES 02 で試すしかありません。

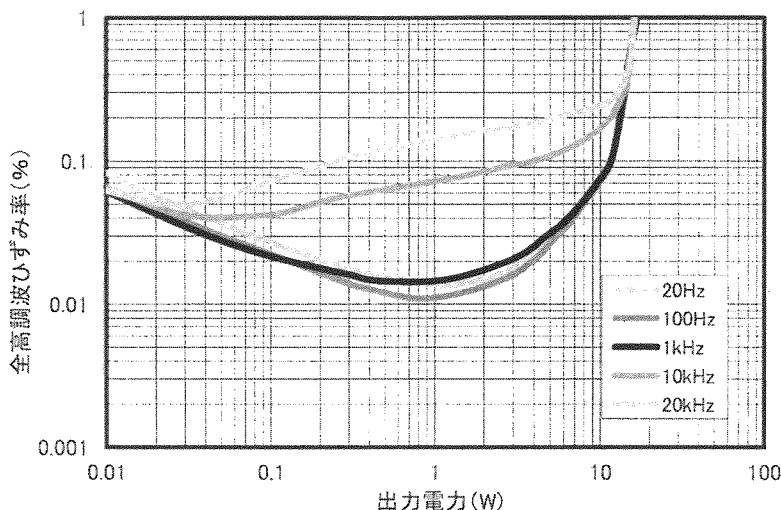
56 パラレルとした MUSES 02 を一言でいうなら、すばらしくクリアです。弦の透明感がすばらしい。音のひとつひとつが手に取るようにわかり、歌手とバックに別々のマイクを使っていることも、よりはっきりと聴こえます。楽器それぞれの音色をくっきりと再生してくれます。心配していた低音も、もうちょっと量感が欲しい傾向がありますが、弾むような軽快さは魅力です。ダンピングのよい音、というのかもしれない。出力抵抗のデメリットはなさそうです。

トータル・バランスとしては軽めの音です。が、これは抵抗 (タクマン電子 REY-50) のキャラクタそのものです。ピシエイ・デール NS-2B とすれば…

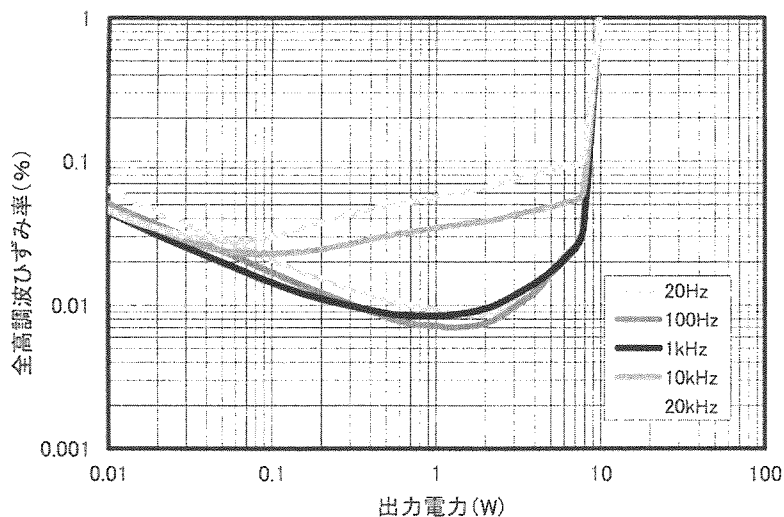
本気で考えてしまいます。

●参考資料

- 1) MUSES 02 データシート, 新日本無線
- 2) NJM 4558 データシート, 新日本無線



〈第8図〉負荷 4Ω のときのひずみ率特性



〈第9図〉負荷 8Ω のときのひずみ率特性