

とのちのオーディオルーム 補足資料

アンプの最大出力とゲイン



2017/12/01

アンプの最大出力とゲインを規定する方法

パワーアンプの最大出力

パワーアンプの最大出力を決定する要素は、リスナーが必要とする最大音圧とスピーカークの能率です。

最大音圧の決定

どのぐらいの音圧が必要かは、自分が好む音楽のジャンルや聴き方によって違います。

私はあらゆるジャンルの音楽を聴きますが、特に好きなのはジャズとフュージョンです。また、クラシックの管弦楽(交響曲、協奏曲等)や吹奏楽が好きです。これらの音楽は小音量で聴くには合いません。

単刀直入に、聴取位置の音圧を実測してみました。ソースはジャズのハイレゾ・ファイル、音量はいつもよりやや大きめ、測定器は PHONIC PAA3 という条件です。その結果、ピークレベルは約 100dB でした。

デジタル・ソースしか再生しないのであれば、最大音圧を 100dB と決定してもよいと思います。

デジタルの場合、最大レベルが決まっています、それを 0dB と定義しています。その時 DAP (デジタル・オーディオ・プレーヤー) から出力される信号の電圧は 2V (実効値) です。それ以上の出力は出ません。0dB 時の音圧が 100dB にシステム・ゲインを調整し、その時にパワーアンプがクリップしないように、最大出力を定義します。

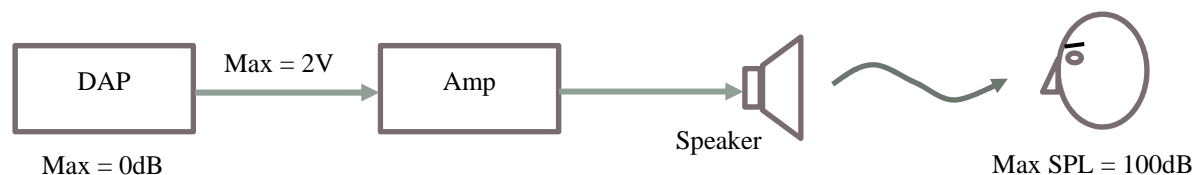


図 1. デジタル・ソース再生時の最大音圧

なお、実際の音楽鑑賞ではもう少し音量を落として聴くつもりです。大音量で聴くのは好きですが、耳の健康を考慮すると、もっと音量を下げた方がよいのです。短期的には何でもなくとも、長期的には加齢性難聴を加速してしまいます。

ソースが CD の場合は、さらに音量を下げる必要があります。特に最近のポピュラー系の音楽では、平均レベルをかなり高くて多いものが多いです。つまり、平均レベルとピークレベルの差があまりないのです。ピークレベルはせいぜい 90dB 程度にした方が無難です。

アナログ盤の場合は、実質のダイナミック・レンジが広く、特に高音質レコードでは、通常リミッターを使わないので、ピークレベルがとても高くなります。最大音圧は 110dB 必要だと思います。

できれば 120dB までカバーしたいところですが、このところを欲張るとアンプの最大出力をかなり大きめにしなければならなりません。音圧を 10dB 上げるためには、パワーアンプの出力を 10 倍にしなければなりません。

カタログに記されているカートリッジの出力電圧は、最大出力ではないので、誤解しないようにしなければなりません。その値は、速度振幅 3.54cm/s、1kHz の基準信号を再生したときの出力電圧です(ちなみに、[速度振幅] = $2\pi \times$ [信号の周波数] \times [音溝の物理的振幅])。実際のディスクには、基準信号をはるかに超える振幅の信号が刻まれます。

最大出力の目安は、カタログの出力電圧の 14 倍 (+23dB) です。もしかしたらそれ以上のレベルを含むディスクがあるかもしれませんが、かなり珍しい部類に入るので、除外してよいと思います。

例えば、オーディオテクニカ AT33PTG/II の出力電圧は 0.3mV です、最大出力は 4.2mV を目安とします。

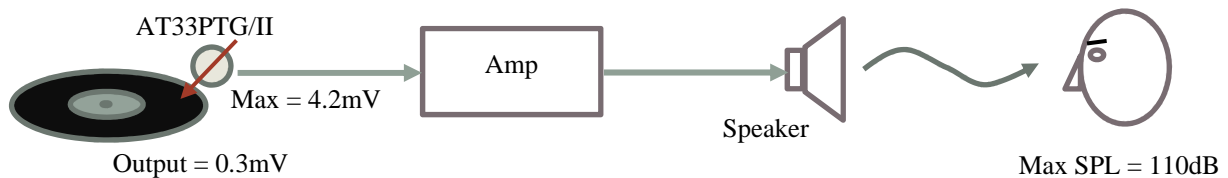


図 2. アナログ・ソース再生時の最大音圧

Gaudi II の最大音圧は 110dB とします。Gaudi II はアナログ盤を主なソースとしているためです。

この音圧は両チャンネルを合わせた値です。チャンネルあたりでは 107dB となります。スピーカーから聴取位置までの距離は 2.3m です。1m の距離では、110dB 以上必要な計算となりますが、実際には壁などからの反射音加わるので、110dB としても差し支えありません。

実際、スピーカーからの直接音が 1m の距離で 110dB であれば、聴取位置での音圧は、両チャンネル合わせ、さらに間接音が加わることによって、110dB を超えると予想されます。

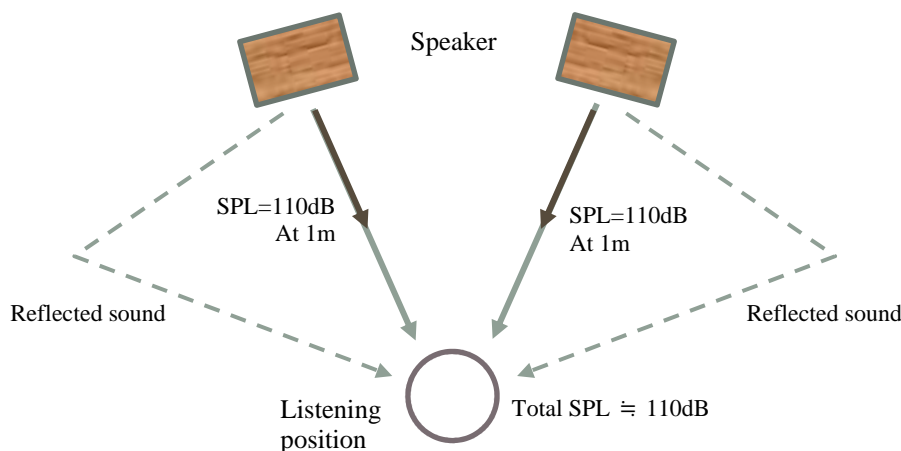


図 3. 聴取位置での音圧

スピーカーの能率

スピーカーに関しては、Gaudi 用に製作した SS-309A を引き続き使用することにしてます。SP ユニット (スピーカー・ユニット) を変更する可能性はありますが、ウーファーは 30cm 口径、スコーカー、ツイーターはホーン型という構成は変えるつもりはありません。他のユニットに交換しても、能率は大きく違わないと見込んでいます。

SS-309A で使用している SP ユニットとその能率を下表に示します。この値をもとに各パワーアンプの最大出力を決定します。

表 1. 使用する SP ユニットとその能率

	スピーカー・ユニット		能率
	メーカー	型番	
ツイーター	フォステックス	T925A	108dB/W (m)
スコーカー	フォステックス	D1405+H400	104dB/W (m)
ウーファー	フォステックス	FW305	95dB/W (m)

各パワーアンプの最大出力

スピーカーから 1m の距離で 110dB の音圧が得られる信号電力を計算します。

まず、1W 出力時の音圧と要求される音圧との差を求めます。

- ツイーター： 2dB (=110dB-108dB)
- スコーカー： 6dB (=110dB-104dB)
- ウーファー： 15dB (=110dB-95dB)

パワーアンプに要求される出力を求めます。デシベル値を倍数に変換し、それを 1W にかけます。

- ツィーター： $1.58 \times 1W = 1.58W$ (1.58倍 = $10^{(2dB/10)}$)
- スコーカー： $3.98 \times 1W = 3.98W$ (3.98倍 = $10^{(6dB/10)}$)
- ウーファー： $31.6 \times 1W = 31.6W$ (31.6倍 = $10^{(15dB/10)}$)

能率値は誤差が大きいので、上の値は2倍し、さらに切りの良い値に切り上げます。

- ツィーター： 5W
- スコーカー： 10W
- ウーファー： 80W

パワーアンプの仕様を決定する際には、最大出力がこの値を下回らないようにします。

実測データによる裏付け

Gaudiを使って実測したデータを下表に示します。Gaudi IIはGaudiと同じスピーカーを用い、同じ部屋に設置されるので、このデータが上述の計算結果の妥当性を裏付けます。

表中、通常音量とは、私が普段音楽鑑賞をするときの音量で(前述のようにこれもかなりの大音量)、最大音量というのは、もうこれ以上の音量は耐えられないというほどの大音量です。

表 2. パワーアンプのピーク出力(実測値)

レンジ	通常音量時	最大音量時
ツィーター	0.12W	0.49W
スコーカー	0.49W	2.4W
ウーファー	16W	47W

ツィーター・アンプのピーク出力は、予想値をかなり下回っています。これはツィーターから出力する音は倍音成分ばかりだからです。しかし、すべてのソースを調べつくしたわけではなく、手持ちのレコードの中から高域成分の多そうなものを選んで測定しただけです。もししたら、もっと超高音域にパワーのあるソースもあるかもしれません。

ツィーター・アンプの最大出力は、計算通り、5Wとします。

ウーファーに関しては、最大音量時のピークが予想値を上回っていますが、ウーファー・アンプの最大出力を80Wにすれば、問題ありません。これ以上の大音量を出せば、聴覚障害を引き起こす可能性が大なので、80Wを大きく上回るアンプは必要ありません。

アンプのゲイン

アンプのゲインの計算は、デジタル・ソースを前提にした方が単純なので、まずはデジタル・ソースについて計算します。

システム・ゲイン

必要とされる出力レベルが低いので、全体のゲインも低くします。

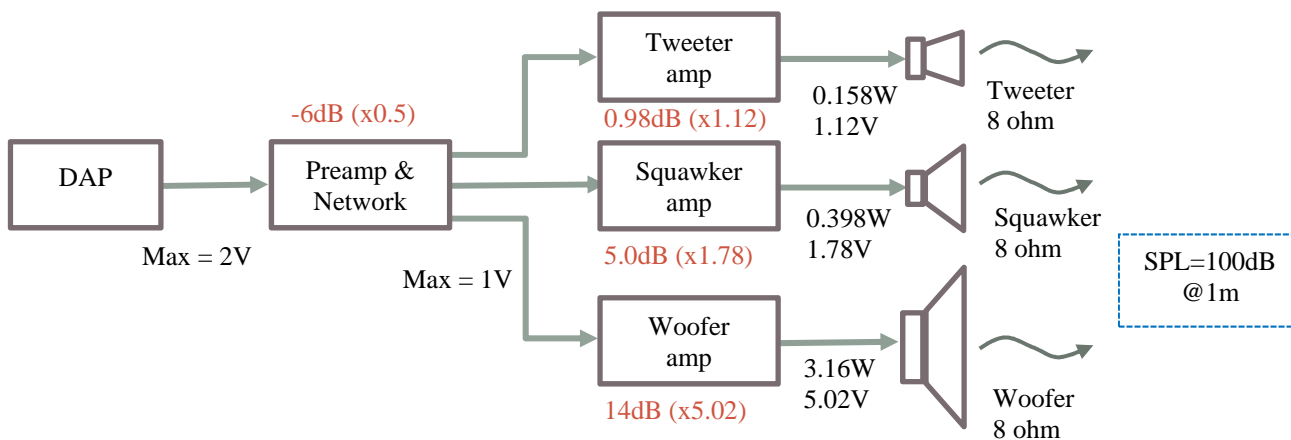


図 4. システム・ゲイン

パワーアンプ以前のゲイン

パワーアンプ以前のアンプ(プリアンプおよびチャンデバ)では増幅する必要はありません。つまり、ゲインを0dB(1倍)とします。上図中、-6dBと示していますが、これはマスター・ボリュームでの減衰量です。最大音量を出力する時でも、マスター・ボリュームを少し絞った状態にするということです。音圧や音量感には大きなバラツキがあるので、-6dBのマージンを設けておきます。

各パワーアンプのゲイン

図4に示した各パワーアンプのゲインは、所望の音圧を得るためのゲインです。実際のゲインは、入力が1Vのときに出力が最大になるように定めます。

例えば、ツイーター・アンプの最大出力を5Wとすると、最大出力電圧は6.3Vとなるので、

$$6.3[\text{倍}] = 6.3[\text{V}] / 1[\text{V}]$$

デシベル値に換算すると、

$$16[\text{dB}] = 20 \times \log(6.3)$$

となります。

他の計算結果は、図5と表3に示します。

各アンプには、必ず連続可変のアッテネーターを備えるようにし、それを調整することで、所望のゲインを得るようにします。

まとめ (ゲイン・ダイアグラム)

システム・ゲインを可視化するため、ゲイン・ダイアグラムと呼ばれる図にまとめます。

まず、アンプの構成を明示したシステム・ブロック図を描きます。

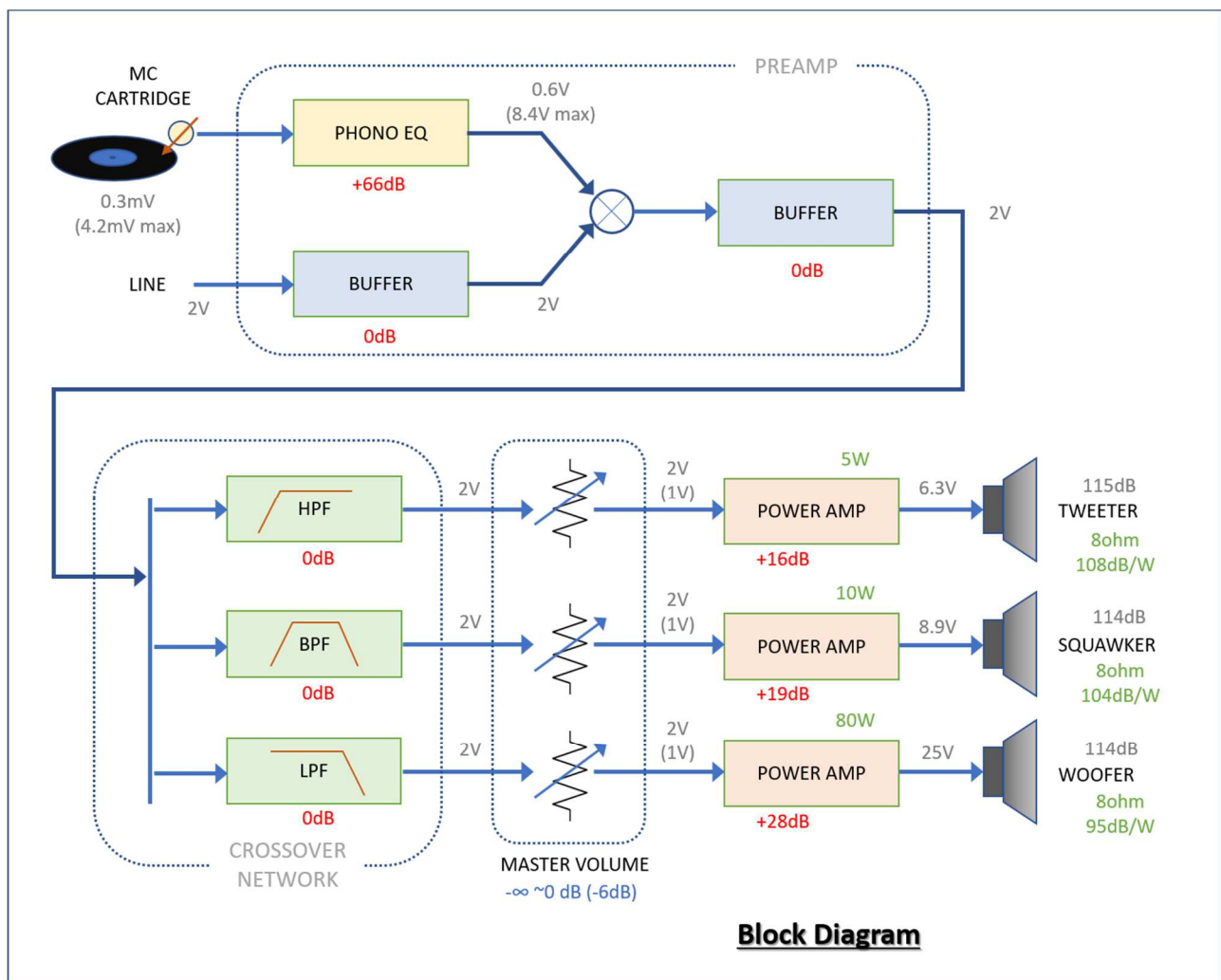


図 5. システム・ブロック図

パワーアンプの最大出力は要求値の通りです。入力が1Vとどのときに出力が最大になるようにゲインを決定しています。最大出力時の音圧は、115dB 前後となります。

最大出力とゲインを次表にまとめます。

表 3. パワーアンプの最大出力とゲイン

レンジ	最大入力	最大出力電圧	最大出力 (8Ω 負荷)	ゲイン	最大音圧
ツイーター	1 V	6.3V	5W	+16dB	115dB
スクーカー	1 V	8.9V	10W	+19dB	114dB
ウーファー	1 V	25V	80W	+28dB	114dB

フォノ EQ 段のゲインはやや高めめの+66dBとしています。

メーカー製アンプでは、LINE 入力にアッテネーターを入れて、フォノ入力と音量が合うようにしているケースが多いのですが、Gaudi II ではこのアッテネーターは組み込みません。フォノ EQ 段のゲインを高めにしておけば、デジタル・ソースとの音量差はほとんど感じられないからです。

ちなみに、Gaudi では MC ヘッドアンプとフォノ EQ 段の合計ゲインが 70dB で、LINE 入力にアッテネーターはありませんでしたが、それで問題ありませんでした。

ボリューム・コントロールは、チャンデバ(チャンネル・デバイダーあるいはクロスオーバー・ネットワーク)の後に配置します。このようにすると、ボリュームを絞ったときに、プリアンプおよびチャンデバで発生するノイズを低減できます。

3ウェイ×2ch で計 6チャンネルのボリュームが必要になりますが、電子ボリュームを用いれば容易に実現できます。

ゲイン・ダイアグラムを以下に示します。

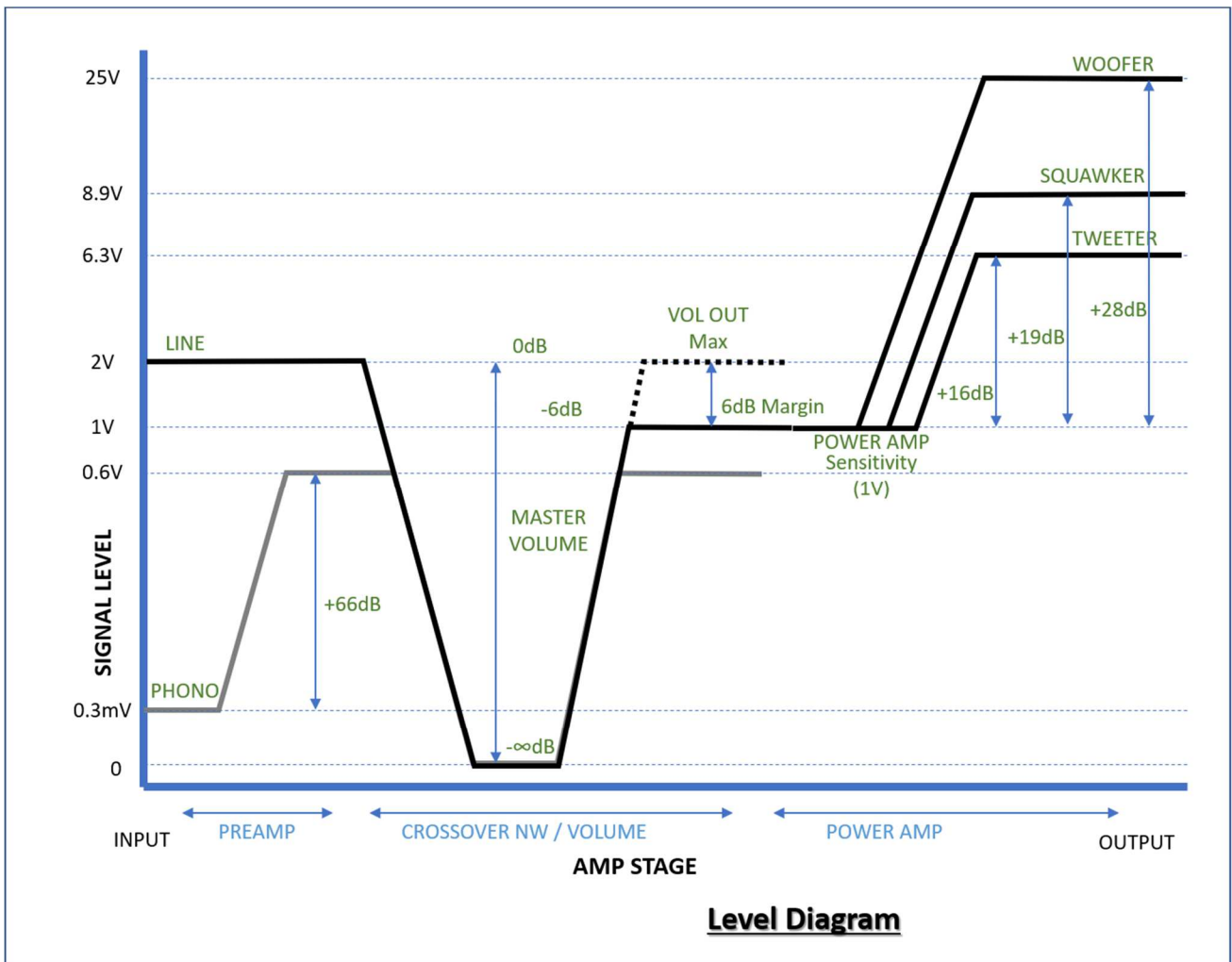


図 6. レベル・ダイアグラム

PHONO 入力は 66dB 増幅されて、0.6V となります。この値は LINE 入力に比べて低い値ですが、前述のように、カタログに示されるカートリッジの出力電圧は最大値ではないので、実際の最高電圧はもっと高くなります。LINE 入力との音量差はそれほど大きくなりません。

[END OF DOCUMENT]

NOBODY Audio

とのちのオーディオルーム 補足資料