

## 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



2021/02/16

#### 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。

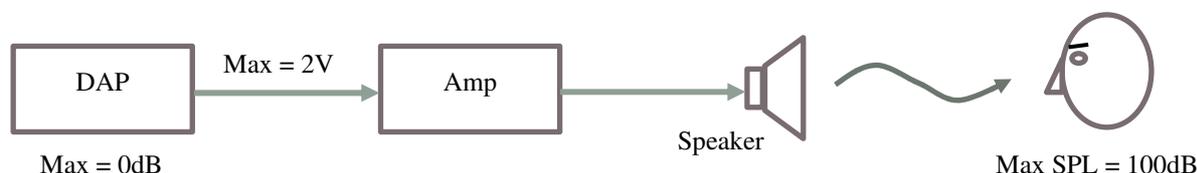


図 1. デジタル・ソース再生時の最大音圧

アナログ・ディスク（AD）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くなります。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。110dB が妥当な値だと思います。

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、 $[\text{速度振幅}] = 2\pi \times [\text{信号の周波数}] \times [\text{音溝の物理的振幅}]$ ）。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 ですので、最大出力は 4.2mV を目安とします。

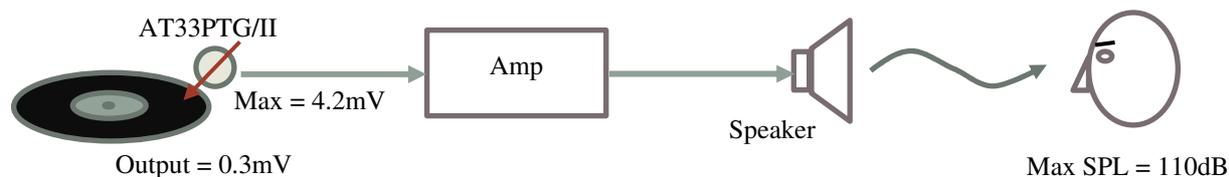


図 2. アナログ・ソース再生時の最大音圧

Gaudi II の最大音圧は 110dB とします。Gaudi II は AD を主なソースとしているためです。

この値は、聴取位置（listening position）における両チャンネルを合わせた音圧値です。チャンネル当たりでは 107dB となります。

Gaudi II では、スピーカーから聴取位置までの距離は ~~2.3m~~ 2.5m [2021/02/11 変更] です。スピーカーから 1m の距離では、110dB より高い音圧が計算上必要となりますが、実際には壁などからの反射音加わるので、1m 地点と聴取位置で、それ程大きな差は出ません。

少し大雑把な見積りですが、各スピーカーの音圧が 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て 110dB ぐらいになると予測します。

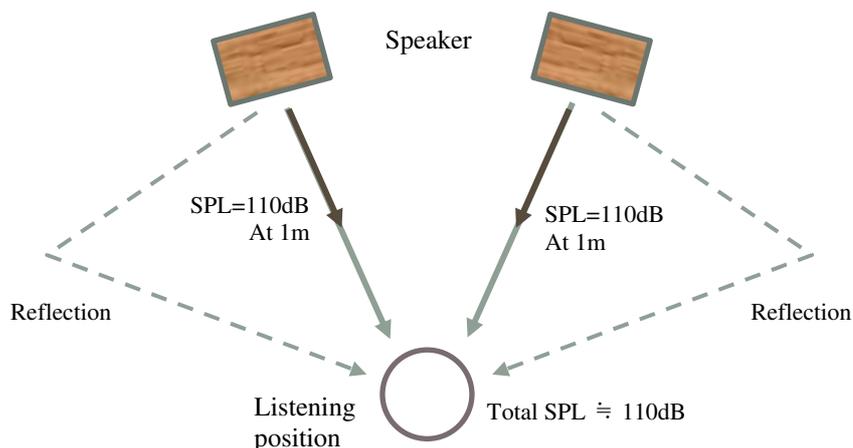


図 3. 聴取位置での音圧

### 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あります。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、能率は大きく変わら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。

- ツィーター： 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。もしかしたら、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

[2021/02/12 修正] { 図この節は説明が難解だったので、全面的に書き換えました }

### 各パワーアンプのゲイン

前節でパワーアンプの最大出力を求めました。入力が 1V のときにその最大出力になるように、ゲインを定めます。つまり、パワーアンプの入力感度を 1V とします。

例えば、ツィーター・アンプの最大出力は 5W なので、最大出力電圧は 6.3V と計算できます。

$$6.3[V] = \sqrt{5[W] \times 8[\text{ohm}]}$$

その時の入力電圧は 1V なので、ゲインは次式のようにになります。

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

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、表 3 に示します。

**表 3. パワーアンプの最大出力とゲイン**

Band	Output power (into 8ohm)	Max output voltage	Max input voltage	Gain
High (tweeter)	5W	6.3V	1V	+16dB
Mid (squawker)	10W	8.9V	1V	+19dB
Low (woofer)	80W	25V	1V	+28dB

### 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。

### ゲイン・マージン

マスター・ボリュームの最大ゲインは 0dB（1 倍）ですが、少し絞った状態（-6dB）で最大音圧が出るようにシステム全体のゲインを設定します。ソースの振幅レベルにはバラツキがあり、中には最大出力電圧が 2V に達しないものもあります。そのため、-6dB のマージンを設けておきます。

パワーアンプの入力感度を 1V に設定したのは、全段で信号を -6dB 減衰させる（1/2 にする）ことを前提としたからです。

### まとめ

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

その前段階として、増幅段の構成を明示したシステム・ブロック図（図 4）を描きます。

フォノ EQ 段のゲインはやや高めの +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。

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、チャンデバの S/N 比とダイナミック・レンジを改善できます。

パワーアンプが最大出力時の音圧は、結果として 115dB 前後となります。パワーアンプの最大出力にマージンを加えたためです。

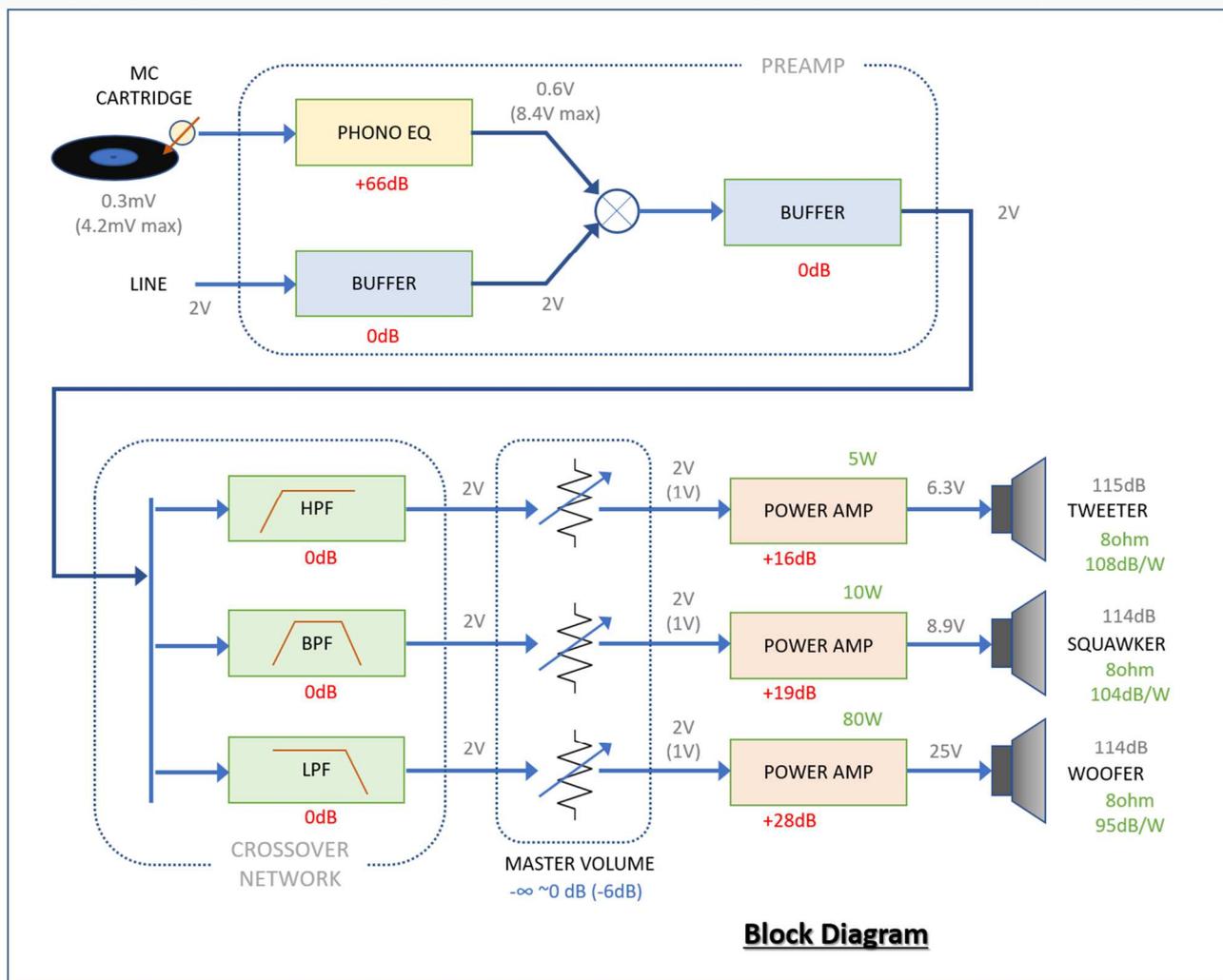


図 4. システム・ブロック図

レベル・ダイアグラムを図 5 に示します。

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。

カートリッジにはオーディオテクニカ AT33PTG/II を使用することを前提としています。前述のように、その最大出力電圧は 4.2mV を想定しています。従って、フォノ EQ 段の最大出力は 8.4V 以上である必要があります（フォノ EQ 段のゲインが +66dB=2000 倍だから）。その後のパワーアンプを除く増幅段の最大許容入力・最大出力も 8.4V 以上必要です。そうでなければ、パワーアンプの手前でクリップする恐れがあります。

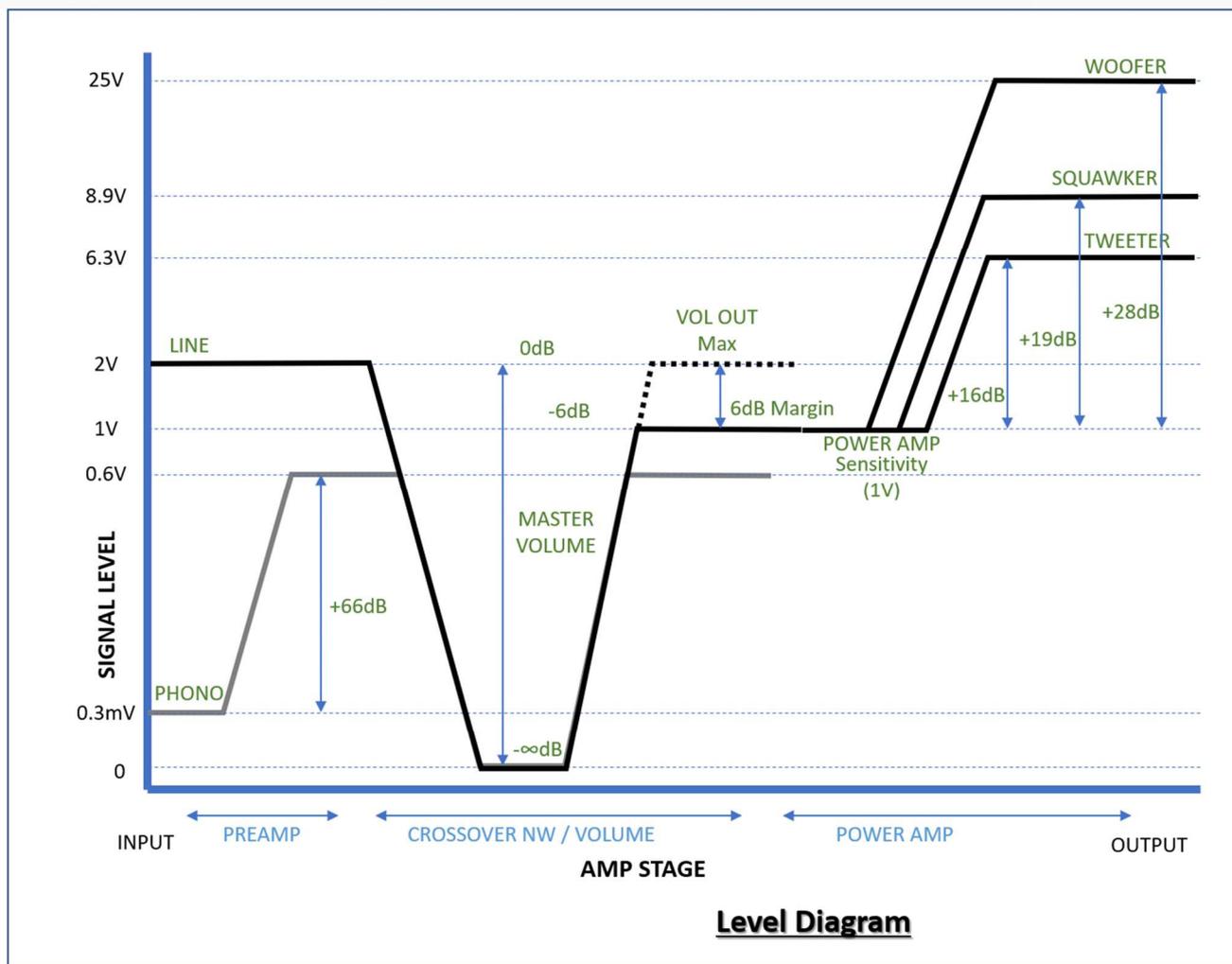


図 5. レベル・ダイアグラム

[END OF DOCUMENT]

NOBODY Audio  
 とのちのオーディオルーム 補足資料