

## ヘッドホンアンプの作成と周波数測定

システム情報学部 電子情報システム学科

1年 日高 幸祐 1年 吉田 凌

1年 渡邊 颯人 1年 吉田 悠真

1年 吉田 森

指導教員 システム情報学部 電子情報システム学科

助教 安倍 幸治 教授 西口 正之

准教授 渡邊 貫治 准教授 高根 昭一

### 1. 目的

オーディオシステムにおいて好ましい音を出すためには、スピーカとアンプのバランスが大事であると言われている。特に、アンプはスピーカへなるべくノイズ等の邪魔な信号を低減させた信号を伝達することが求められる。そこで、アンプがどのような特性を持っていればスピーカへより良い音質で信号を伝達させることが可能なのかを、アンプを自作することを通して、部品の違いなどによってどのように音が変わるのかを比較・検討し、いかなる場面でアンプを必要とするか考える。

### 2. ヘッドホンアンプとは

ヘッドホンから聞こえる音に載ってしまうノイズは外部から入り込んでくるものである。このノイズを低減するための一つの方法として、ハイインピーダンスのヘッドホンを使い、高電圧の信号を流すことが考えられる。したがって、そのような点で有用な高インピーダンスのヘッドホンを使用するためには、高い電圧が必要となる。しかし、WALKMANなどのデジタルオーディオプレーヤーのイヤホンジャックから出力できる電圧は、消費電力や電源容量の関係から据え置き機のオーディオ機器などより電圧が低く作られている。そこで、電圧をあげるために用いられるのが、ヘッドホンアンプである。電圧が低いと、高インピーダンスのヘッドホンを使ったとき、流れる電流が少なくなるため音量が小さくなり、無理やりプレイヤー側の音量を上げてしまうと出力の限界を超えてしまい音が歪んでしまったりして、安価のヘッドホンとの違いが分かりにくくなるなどの悪影響が生じる。また、ヘッドホンアンプは電気信号に含まれるノイズを低減してくれる役割もあり、ヘッドホンアンプを通すということは信号を増幅するだけではなく、音楽信号を整え、ヘッドホンに送り出す役目も重要となる。

### 3. 製作

まず、構造及び仕組みの理解のためと、その効果に関する検討に用いるために、市販のヘッドホンアンプ制作キットを購入した。使用したヘッドホンアンプは「Bit Trade One AD00031ヘッドホンアンプ 組立キット」である。このヘッドホンアンプは、出力インピーダンスを制御する部分の抵抗を一部変更することが可能となっており、66、44、32、24、12  $\Omega$ 、の4種類に変更することができる。

図1 作成したヘッドホンアンプの写真

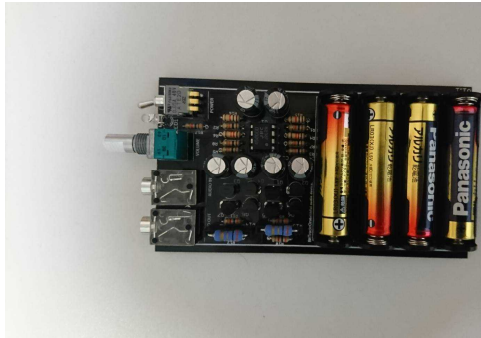
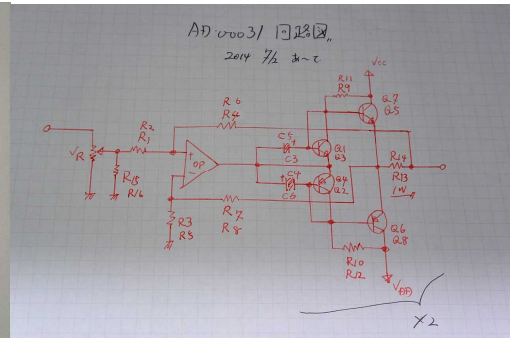


図2 ヘッドホンアンプから起こした回路図



<製作>

- (1) 購入したキットを組み立て、ヘッドホンアンプを作成した。完成したアンプの写真を図1に示す。図を見て分かるように、左下にある入力のためのステレオミニプラグからプレーヤーからの入力であるアナログ信号を入力し、乾電池を電源としたオペアンプを使用した増幅器を通した信号が同じく左下にある出力用のステレオミニプラグから出力される。オペアンプにはオーディオ用としてよく用いられている低雑音、高利得という特徴を有した「NJM4580」が使用されている。
- (2) さらに、構造と動作理解のために、上記のアンプの回路をブレッドボード上に構築した。構築のための製作図を図2に示す。
- (3) 続いて、作成したヘッドホンアンプの性能を確認するために、周波数特性の測定を行った。

5. 実験

作成したヘッドホンアンプを用いて周波数測定を行った。方法としては、用意した音源をWaveGeneで再生し、制作したヘッドホンアンプを介してパソコンのソフトで測定した。

<実験手順>

- (1) 測定には周波数を変えながら低い音から高い音までを出す音声（スイープ）も作ることが可能なWaveGeneというフリーソフトを使用した。本ソフトを使用して、120秒で20 Hz～40000 Hzまで変化するスイープ音を作成する。スイープ音の長さを120秒と設定した理由は、次に挙げる式である。

$$\text{スイープ時間} = \text{スイープ周波数幅} * N * N / F_s / F_s$$

この式において、スイープ周波数幅は変化させる周波数の幅であり、20 Hz～40000 Hzのスイープのときは、 $40000 - 20 =$  となるため、39980となる。NはFFTサンプルデータ数であり、今回はソフトウェアのデフォルトの設定である $N = 4096$ とした。また、 $F_s$ はマイク入力のサンプリング周波数であり、今回は  $F_s = 96000$  Hzとした。これで計算すると、 $\text{スイープ時間} = 39980 * 4096 * 4096 / 96000 / 96000 = 72.8$ 秒となる。このことから、最低72秒ほどあれば測定できると考えられるので、コンボボックスの中にある120秒を選んだ。[1]

- (2) 先に述べて手順で作成したスイープ音をwaveファイルとして保存し、音源を発生させる機器に移動する。今回は音源再生にはSonyのスマートホンであるXperiaを使用した。

- (3) 再生用機器から音源を発生させ、ヘッドホンアンプを介して、WaveSpectraへ入力する。WaveSpectraとは、ファイルやマイクから入ってくる音声をリアルタイムでフーリエ変換して周波数成分を表示してくれるソフトである。この時、入力された波形の最大値を記録するPeakボタンを押しておく。
- (4) 記録された波形を、「.csv」の拡張格子をつけて保存する。
- (5) 前述したヘッドホンアンプで変更可能な抵抗を変更し、それぞれの抵抗値で計測を行った。得られた各周波数特性をExcelを用いて、グラフにした。また、抵抗による変化を見るために、16 Ωを基準としてそれぞれの抵抗の結果との差をとり、周波数特性を比較した。

## 6. 実験結果

4種類の抵抗での測定結果は、少なくとも目視では、ほぼ変わらなかった。代表として、64 Ωの場合のヘッドホンアンプの周波数特性を図3に示す。16 Ωを基準としたときの各抵抗の差は次の図4のようになった。ただし、図2はそのままのデータをグラフにすると見にくいいため、25個のデータごとに平均をとった。図2を見ると、抵抗を変化させても、それぞれのグラフで形状はあまり変わっておらず、そのゲインのみが変化していることが分かる。

## 7. 考察

図3を見て分かる通り、スイープ音で走査した周波数ごとのゲインはほぼフラットであることが分かる。この結果からこのヘッドホンアンプでは、ほぼ理想的な増幅が行われていると言える。ところどころノイズが入っているように見えるが、これは、アンプを外気から完全に遮断することで防ぐことができるのではないかと考える。

図4の結果より、ヘッドホンアンプに挿入する抵抗の値を変化させても、ゲインのみが変化していることが分かる。今回は、パソコンを使って測定を行ったので、受け側の入力インピーダンスは固定と考えられる。その結果、出力インピーダンスの変化の影響を受けて、取り込まれる音信号の電圧が変化した。図4より、周波数に対するその効果が等しくなっていると言える。これは、後の総合的考察でも述べるが、ヘッドホンのインピーダンスによって使い分けられることを想定しているためだと考えられる。

## 8. 総合的考察

本研究に着手する前は、ヘッドホンアンプとはヘッドホンとつなぐことで音色を変化させるものであると考えていたが、実験結果から音の大きさのみに変化を与えるものであることが分かった。では、なぜ音の大きさを変化させることのできるヘッドホンアンプを使用する必要があるのか、それはヘッドホンにもインピーダンスがあり、その値によってオーディオプレイヤー側に求められる電力は変わってくる。なので、ヘッドホンのインピーダンスに見合った電力量で聞くことに着目しているのではないかと考えた。そもそも、ヘッドホンのインピーダンスは低ければ、オーディオプレイヤー側の電力が低くても十分に駆動するが、ノイズが乗りやすくきれいな音で聞くことが難しい。対して、インピーダンスの高いヘッドホンを使用する場合、オーディオプレイヤー側に高い電力を要求される代わりにノイズが乗りにくく、きれいな音で聞くことが可能である。しかし、無理やり音量を上げてしまうと音が歪んでしまって良い音が出なくな

図3 ヘッドホンアンプの周波数特性 (挿入抵抗 64 Ω)

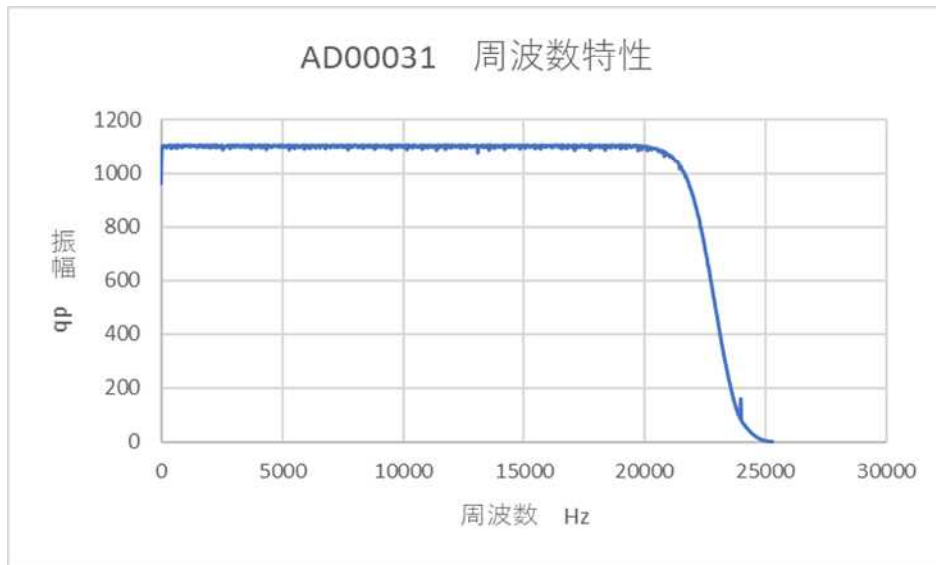
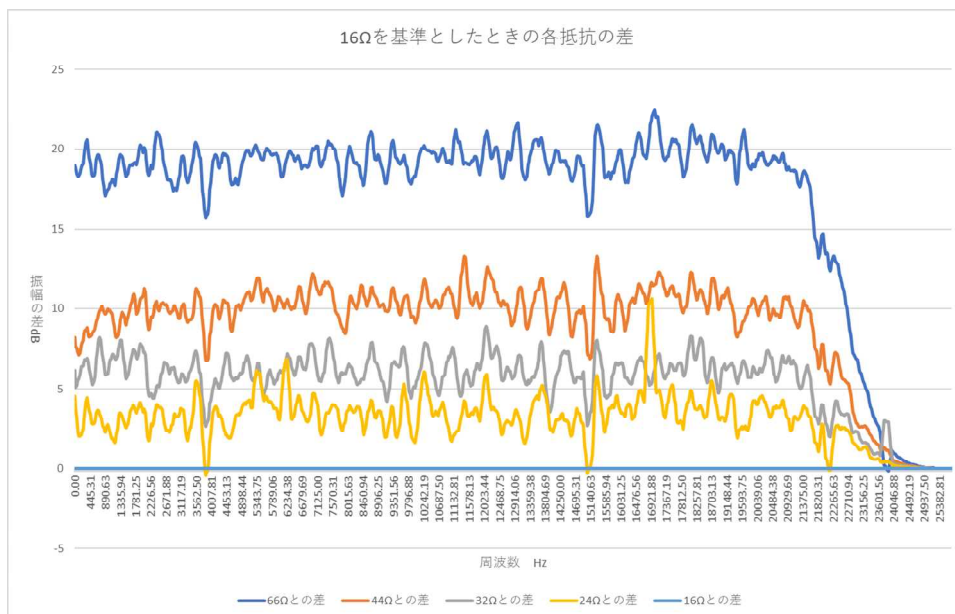


図4. 挿入抵抗によるヘッドホンアンプの出力電圧のレベル変化



ってしまう。なので、ヘッドホンアンプを使うことによって、音量の許容範囲を広げ余裕をもって出力を大きくすることが可能だといえる。この音量の許容範囲を広げ余裕を持たせる機能を今回扱ったヘッドホンアンプは備えているのではないかと考えた。

## 9. 結論

作成した、ヘッドホンアンプを使って、各抵抗の周波数特性を調べることによって、このアンプの特性を学ぶことができた。

## 参考文献

- [1] スピーカーの周波数特性を測ってみよう ～準備編～<https://howto-it.com/speakerspectra.html>
- [2] FFTデータのデータ整理 with WaveSpectra and Excel <https://ameblo.jp/elementor/entry-10241692535.html>