

# 音響信号の周波数特性と歪みに関する研究

2010SE099 木村元

指導教員：奥村康行

## 1 はじめに

音に関する状態のひとつに、歪み(ひずみ)がある。

歪んだ音はその波形に変形が見られ、この状態は「音が割れる」といった表現でも知られている。

歪みは多くの場合、PA(Public Address) やオーディオといった分野では、音の明瞭性を損なうために本来回避すべき現象であるが、これを肯定的に捉え用いる場合もあり、最たる例がギターをはじめとする楽器の演奏である [1]。

表現方法として歪みが用いられている今日、歪んだ音への理解を深めることは演奏者の表現向上のため必要であるだろう。この命題に対し本研究では、音の歪みについて客観的評価と主観的評価の双方を収集することでアプローチした。

## 2 目的

音の歪みというものを客観的に確かめるとともに、歪んだ音への主観的な評価を得ることで、音の歪み、ひいてはそれをもたらすアンプへの理解を深める。

よって、本研究の目的を以下のように定めたい。

- アンプにより歪んだ音の周波数分布を明らかにする。
- 当該音を出力するアンプの周波数特性を明らかにする。
- アンプにより歪んだ音への主観的な評価を得る。

尚、ここで言う周波数特性とは、音響信号の入力時電圧に対する出力電圧の比を各周波数帯域ごとに確かめたものである [2]。

また、本論文において歪みと言った場合、入力される音響信号をアンプによって増幅したときに見られる信号波形の変形、またはその現象を差すこととする。

## 3 研究の方法

歪んだ音響信号を得るために、簡易的なギターアンプを製作し、これに入力した音響信号が増幅されて出力される様子を観察する。

信号の歪みの有無あるいは度合いに関する判別の基準については、音響工学で用いられている高調波歪の概念を導入する。

また、主観評価については、エレキギターの信号がアンプの回路を通じて音として出力されたものを被験者が聴き、主観的な評価を述べることでこれを得る。

これらの手段により、前節で触れた目的の達成を図る。

## 4 アンプの製作

この節では、製作した真空管アンプの概要及びその持つ主な機構について簡潔に触れる。

### 4.1 アンプの設計

今回製作したアンプは、かつて米フェンダー社により製造されていたギターアンプ「チャンプ」に倣った機構を持つよう林正樹氏 [3] によって設計されたものである。簡略化した回路図を図 1 に示す。

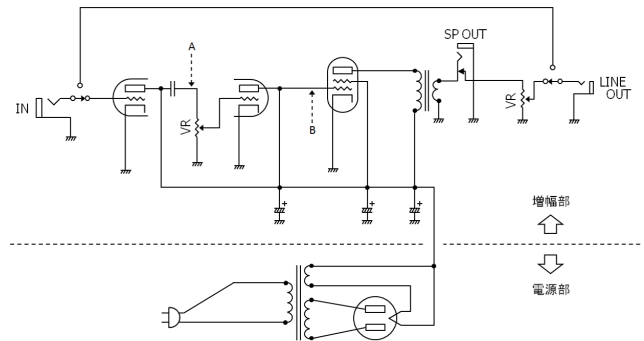


図 1 製作したアンプの回路図 [3]

### 4.2 トーンコントロール回路

アンプの周波数特性を変更するための機構として、コンデンサと抵抗器から成るトーンコントロール回路を製作した。実験ではこれをアンプに実装する。

図 2 のグラフはその周波数特性を示している。3 個の可変抵抗器が Treble, Bass, Middle(それぞれ高, 低, 中) の音域を担当する 3 バンドのコントロール方式であり、可変抵抗器のツマミの回転度合いを抵抗値最大で 0, 最小で 10 としたときに、全てのツマミを 5 とした場合および各音域のツマミのみを 0 とした場合の周波数特性である。

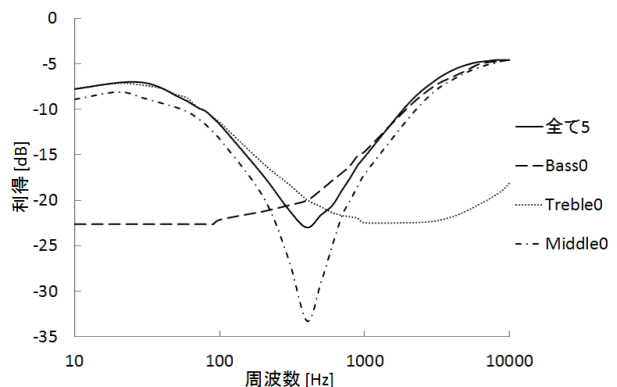


図 2 トーンコントロール回路の特性

グラフにはないが、同じ周波数帯域においてフラットな周波数特性が得られたときの各ツマミ位置は、Treble, Bass がともに 0, Middle のみが 10 であった。

## 5 実験

行った実験の手順について触れ、その結果を述べる。

### 5.1 実験の手順

製作したアンプに音響信号を入力し、アンプの GAIN(図 1A 点直後の可変抵抗器)、トーンコントロール回路を操作し、アンプ全体の周波数特性を観察した。

その際、一連の増幅系内の素子または入力する音響信号のパラメータのうち、実装箇所あるいはその値を変化させたものは以下の通りである。

- アンプ GAIN 部分の可変抵抗器。
- トーンコントロールの各可変抵抗器およびその実装箇所。
- 入力信号の周波数。

アンプの GAIN に関しては、ツマミの回転度合いを 2, 5, 10 としたときの 3 通りを考えた。トーンコントロールについては各音域のツマミの回転度合いを 0, 5, 10 の 3 段階としたときの組み合わせのうち 8 パターンを、その実装箇所は図 1 の A 点または B 点に実装した場合の 2 通りを考えた。入力信号の周波数については 100Hz, 400Hz, 1kHz の 3 通りを試みている。これらの周波数は、トーンコントロール回路の特性が顕著に表れていた帯域から選んだものである。

すなわち、これら全てを組み合わせた 144 通りの増幅系において、実験を行った。

また、こうした諸状態におけるアンプを介してスピーカーから出力される音を人間が聴取した際にどう感じるかを調査し、考察した。被験者は聴覚の正常な成人男女 10 名、実験場所は当大学マルチメディア棟のスタジオである。出力用のスピーカーユニットには、JENSEN 製 C12K を使用した。アンプに入力したのは、実際のエレキギターの信号である。およそ 330Hz から 2.5kHz の音域を用いた短いデモ演奏を聴いた上での主観的評価を収集した。こちらの実験では入力信号の周波数については区別しないため、試行回数は 48 回となった。

### 5.2 実験結果と考察

主観評価を得る際、音の歪みがどれほどに感じられたかを被験者に定量化させた。定量化のレベルは 5 段階で行った(表 1)。得られた 48 試行分の結果のうち、6 試行分を表 2 に示す。レベルの値は、被験者 10 人分の平均を取ったものである。

この 6 試行を含め一貫して得られた評価は、トーンコントロールを B 点に実装したときの方がより歪みを大きく感じ、低 GAIN 時(ツマミの回転度合いが 2)の出力音の明瞭さが増す、というものであった。この傾向は、トーンコントロールの実装箇所ごとにアンプの周波数特性を観察した際にも明らかに見て取ることができた。

他にも、歪んだ音響信号の観察結果と収集した主観的評

表 1 官能評価における歪みの定量化

レベル	歪みの段階
1	明瞭
2	やや不明瞭
3	穏やかな歪み
4	激しい歪み
5	かなり激しい歪み

表 2 歪み度合いについての主観評価の例

Tone	GAIN	レベル (A 点)	レベル (B 点)
5 - 5 - 5	2	1.4	3.3
	5	2.8	3.4
	10	3.9	4.4

価の両方から言えることとして、トーンコントロール回路を B 点に実装したときの方がトーンコントロールの操作による歪み度合いの変化が大きくなる傾向にあること、また GAIN 操作に関しても、トーンコントロール回路を B 点に実装した場合に歪み度合いにおいてその影響が大きくなる傾向が確認できた。

ここで、A 点とはプリアンプ管による増幅段階の中段、B 点とはパワー管による最終増幅段階の直前であった。これらのことを踏まえると、トーンコントロール回路によって周波数特性を変更する前の段階で音響信号を増幅する形式の方が、GAIN やトーンコントロールの操作に対する歪み度合いの変化が如実である、ということが言える。

すなわち、これらの機構を操作することで歪み度合いの管理を積極的に行いたい場合はより増幅系の早い段階で音響信号の周波数特性を変更しておけばよく、逆に機構の操作による歪み度合いの変化を極力避けたい場合には、増幅系内のおそい段階で変更を行えばよい。

## 6 おわりに

本研究では、増幅系の操作による音の歪みを客観的に確かめ、これを主観的評価と照らし合わせることで、その結果を音響信号の歪みを管理する方法のひとつとして提唱することができた。

### 参考文献

- [1] 石川 俊行・砥川 進士・降旗 建治・柳沢 武三郎：“オーディオアンプの音質評価：トランジスタ、FET 及び真空管回路の比較検討”，電子情報通信学会技術研究報告。EA, 応用音響 101(381), pp. 57-64(2001).
- [2] 木村 哲：“真空管アンプの素”，技術評論社，東京 (2011).
- [3] 林正樹：“真空管ギターアンプの工作・原理・設計”，ラトルズ，東京 (2012).