

Nutube を用いたエフェクターの実装と評価

2015SC038 上村朋也 2015SC081 島田健吾

指導教員：奥村康行

1 はじめに

今日では昔に比べ音楽を聞くことが増えたと思う。しかし、音楽を聞くことが増えたもののイヤホンやヘッドホンの使用頻度に比べ、エフェクターやスピーカーを使用頻度が減っているように感じる。一方で、研究室の講義で自作のスピーカーやアンプと言った音響機器の製作を行う。そこで、私達は製作することで、音響機器の構造等に興味を持ちもっと深く音響機器について研究したいと思った。

先行研究では真空管アンプの歪んだ音の周波数特性を明らかにしていたが [1]、本研究では、新世代の真空管と呼ばれる Nutube に目を向けた。そこで、Nutube 本体の特性を評価する。また、Nutube を用いたエフェクターを実装し、周波数特性と入出力波形を確認することによって Nutube を用いたエフェクターの歪みの特性を評価する。

2 先行技術

先行技術 [2] では Nutube を用いたエフェクターで音を鳴らし、歪みがかかることを客観的に評価していた。しかし、実際に歪みがかかった音の聞こえかたは人それぞれであるため、本論文は、2 つの実験をすることによって、特性を定量化して評価する。

3 歪みと Nutube

この章では歪みが生じる原理や Nutube の特徴等々を評価する。また、先行研究では、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ていたが [1]、本研究では Nutube を用いてエフェクターがどれほど音の歪みに影響を与えるかを評価する。

3.1 歪み

「歪み」とは元々はオーディオなどで音量が回路の限度を超えたりした時に音が潰れたようになる状態を指す言葉だが、エレキ・ギターの世界ではその歪みも心地よいサウンドとしてとらえられている [3]。また、ギターアンプではギターの信号が何段もの増幅回路を通過してスピーカーに到達するとき、いくつかの段の増幅回路では信号が過大入力になって歪みを生み出す [4]。

また、アンプの歪みとは出力波形で入力信号にはない成分はすべて「歪み」と定義されている。また、「GAIN」と「VOLUME」がある場合は「GAIN」が「VOLUME」より大きければ音は歪まなくなる。逆に「VOLUME」が「GAIN」より大きければ音は歪む [5]。歪みの特徴として波形に平面の部分が現れる。

3.2 Nutube について

Nutube とは図 2 のように従来の真空管と同じアノード・グリッド・フィラメントの構造をもち、完全な 3 極真空管として動作し、また従来の真空管と同様、真空管特徴の豊かな倍音を生み出す。蛍光表示管の技術を応用することにより従来の真空管に比べて大幅な省電力化、小型化している。長寿命で高品質な新世代の真空管である。

表 1 にもあるように Nutube は電圧や電流が低く抑えられているため、安全に実験を行えると考える。しかし、電圧、電流がフィラメントの定格 (0.7V 17mA) を超えてしまうと、フィラメントは容易に断線してしまうので注意する必要がある [2]。

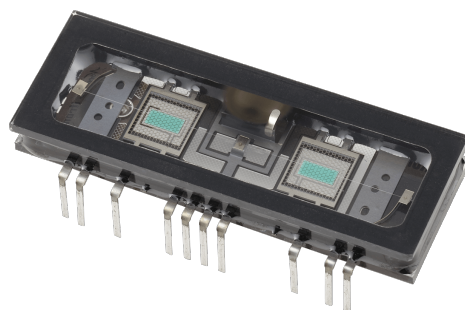


図 1 Nutube 本体 [2]

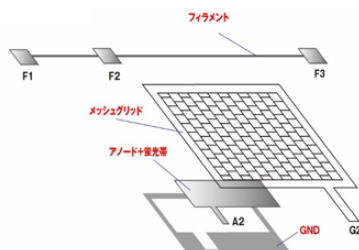


図 2 Nutube の構造 [2]

3.3 Nutube の動作原理

「アノード」と「フィラメント」の間に電源を接続する。「アノード」とは「プラス」という意味合いなので、こちら側に電源のプラスを接続する。これは従来の真空管における「プレート」と全く同じ役割を持っているが、必要な電源電圧が異なる。従来の真空管が数 100V の電圧を必要としていたのに対して、Nutube は 5V-80V という比べものにならないほど低い電圧で動作するという特徴を持っている。次に「フィラメント」に電源を繋いで電子を活性化さ

せる。「ヒーター」と「カソード」を一体にした「直熱管」方式を採用したことで、より少ない電流でも電子の活性化が起こりやすくなっていて、これも低電圧化を実現できた要因になっている。そして、従来の真空管と同様に「アノード」から「フィラメント」へ電流が流れることになる。従来型の真空管と異なっているのは、電流の量が非常に少なくても動作するので、電池で稼働させることも可能になっているという点である。信号をコントロールするために「グリッド」-「フィラメント」間に電源を繋ぐ。ここで注意すべき点が1つある。Nutube は前述した従来の真空管とは異なり、「グリッド側=プラス」になっている。「フィラメント」から「アノード」に向かって飛び電子は「グリッド」に引き寄せられるようにして加速し、「グリッド」の隙間を抜けて「アノード」に達する。そのうち幾つかの電子は「グリッド」に引っかかり、多少の電流が「グリッド」に流れる。つまり従来の真空管同様、「グリッド」にかける電圧の大きさに「アノード」から流れる電流が変化する。このように、入力信号で出力信号をコントロールできている [2]。

4 Nutube の静特性

この章では Nutube の静特性を測定することで、Nutube 本体の動作確認をする。

Nutube は従来の真空管と同様に、アノード・グリッド・フィラメントの三極管構造のため、グリッド電圧により、アノード電圧とアノード電流の関係が変わってくる。Nutube の静特性の測定方法としては、図 3 の回路を実装して、直流安定化電源の電圧を変え、デジタルマルチメータで電流を測定した。グリッド電圧を 1.5V、フィラメント電圧を 0.5V に固定した時のアノード電圧とアノード電流の関係を調べたものが、図 4 に、 E_a - I_a 特性曲線を示す。また、グリッド電圧を 3.0V、フィラメント電圧を 0.5V に固定した時アノード電圧とグリッド電流の関係を調べたものが、図 5 に、 E_a - I_g 特性曲線を示す。また、アノード電流を I_a 、グリッド電流を I_g とする。

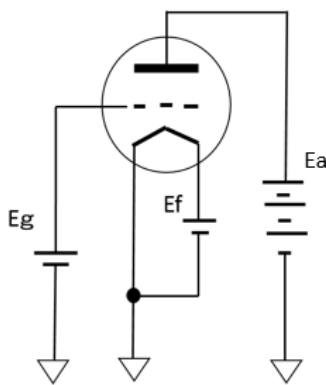


図 3 静特性の測定回路

図 4 の E_a - I_a のグラフはカタログデータと比べ、 E_a が 5-15V の時値が高いが 15V からはカタログデータと比べ、傾きが下がり値が小さくなっている。しかし、 I_a 自体も値が μA と小さいため、デジタルマルチメータの示す値に多少の誤差があるので Nutube の E_a - I_a の関係は正しいと考える。

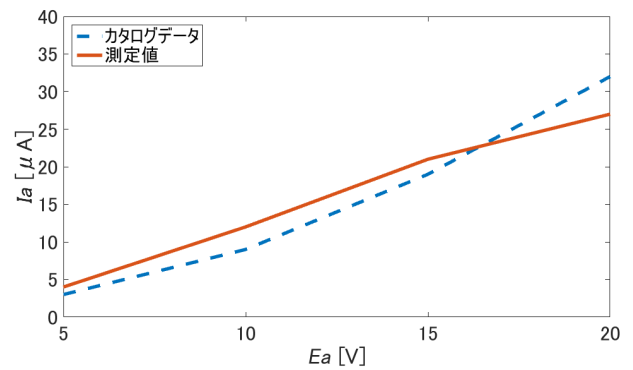


図 4 E_a - I_a 特性の測定グラフ

図 5 の E_a - I_g のグラフはカタログデータでは 1-1.5V 付近で最大値になっているが、測定値では 2V 付近で最大値になっているため、値が減少する E_a の値が大きくなってしまっている。しかし、図 4 同様のことから Nutube の E_a - I_g の関係は正しいと考える。また、この 2 つのグラフから Nutube は正常に作動していると考えられる。

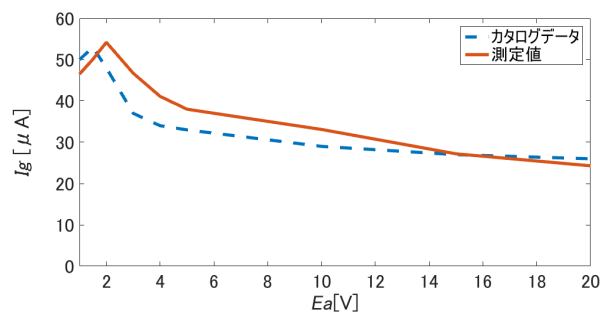


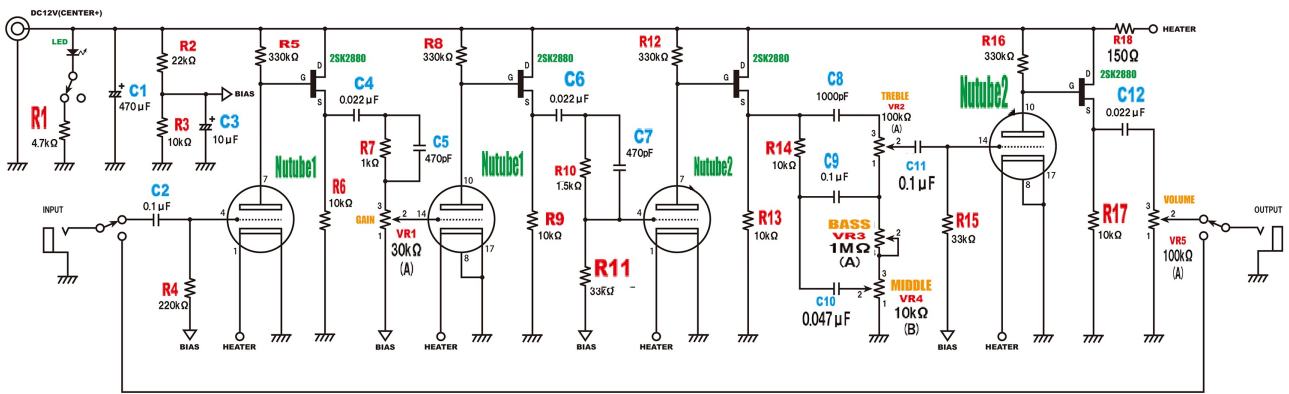
図 5 E_a - I_g 特性の測定グラフ

5 エフェクター回路の実験

この章では実験器具の説明や実験方法といった本研究の進め方や Nutube の特性を測定するためにエフェクターを実装し、周波数特性を測定していくことで Nutube を評価する。

5.1 回路の構成

今回は Nutube のホームページに載っていた [2]、エフェクターの回路を使用することにした。この回路は真空管ギターアンプのプリアンプ部分をエフェクターにしようと考えられている。そして、センタープラス 12V のアダプタを使用する。ヒーター回路は Nutube ではフィラメントと



※抵抗器は全て1/4W、R18のみ1W実効、コンデンサは耐圧16V

図 6 Nutube 回路図 [2]

呼び、フィラメントの点灯方式は電圧のばらつきを抑えるために全て並列にされている。その影響で消費電力が多くなってしまいますが、その分抵抗が一つですむ。

次に増幅回路は半導体などでは増幅させずに、Nutube だけで直列 4 段増幅させた [2]。

5.2 実験の構成

実験の構成としては

1. 「wavespectra」を使い、周波数特性を測定する
2. ファンクションジェネレーターで波形を流し、オシロスコープで入出力波形を見る

の 2 つの実験を行い Nutube を用いたエフェクターの評価を行う。

5.3 周波数特性の実験

実験方法として、図 7 のようにギターに ARIA 社製の AG-10X のギターアンプを繋ぎ、測定用マイク、SONY 社製の ECM-PCV40 で音を拾い、フリーソフトの「wavespectra」を使いノートパソコンからデータを取り込んだ [6]。また、ギターとギターアンプとの間に Nutube を用いた自作のエフェクターを繋ぐ。そして自作エフェクターの回路の VR1(GAIN), VR5(VOLUME) の可変抵抗の値は固定し、VR2(TREBLE), VR3(BASS), VR4(MIDDLE) の値を変えてギターアンプのみの時と比べ、エフェクターの回路の性能を評価していく。可変抵抗の値の変え方としては表 1 の通りである。実験場所は当大学の S 棟 1F の S14 で測定した [1]。

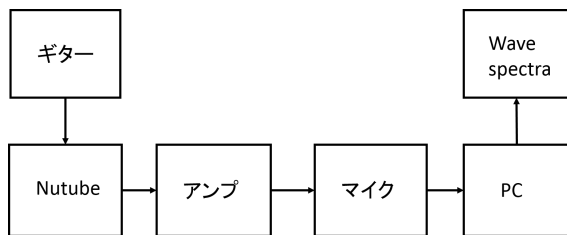


図 7 実験 1 の構成図

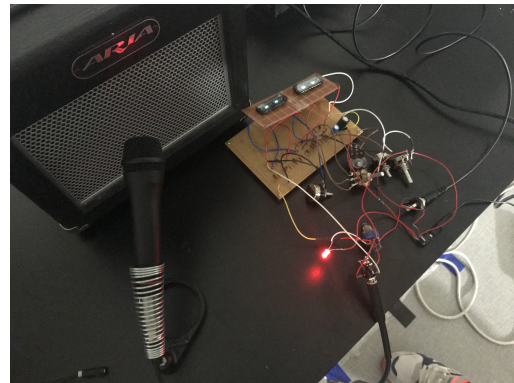


図 8 実験風景

表 1 実験条件

| | 実験 1-1 | 実験 1-2 |
|-----|------------|---------|
| VR2 | 2-3 間 100k | 2-3 間 0 |
| VR3 | 2-3 間 1M | 2-3 間 0 |
| VR4 | 2-3 間 10k | 2-3 間 0 |

図 9 の実験 1-1 のグラフは音圧自体はギターアンプのみの時より大きくなっていて、低周波数帯が特に大きくなっている。しかし、高周波数帯域の出力があまり見られず、歪みはあまりかかっていないと思われる。主観的評価をした際は、ギターアンプだけの時に比べて歪みはかかっていた。

実験 1-2 のグラフは高周波数帯域でかなり波形が出ていて、ギターアンプのみの時や実験 1-1 のグラフと比べてもかなり歪んでいることがわかる。さらに、主観的評価をした際も実験 1-1 のグラフと比べてより歪んでいると感じた。エフェクターの効果としては実験 1-1 よりも大きいと考える。

5.4 歪みの実験

実験方法として、図 10 のように周波数特性以外の面から歪み具合を確認するために、KKmoon 社ファンクションジェネレーター 200MSa/s 25MHz で 5kHz, 0.5V のサイン波を完成した Nutube を用いたエフェクターに流

し、Hantek 社のデジタルオシロスコープ 70MHz 1GSa/s DSO-5072P で入出力波形を確認した。可変抵抗の値の変え方としては VR1 (GAIN) を 2-3 間の値を徐々に小さくする。

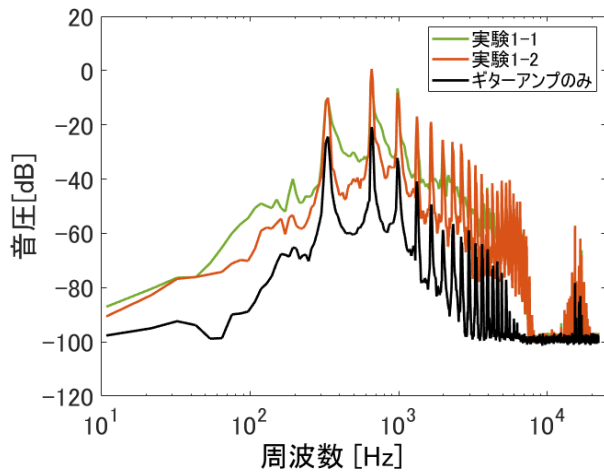


図 9 周波数特性の実験結果

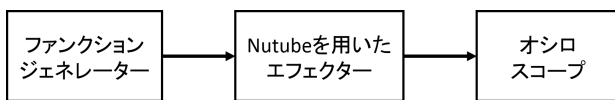


図 10 実験 2 の構成図

図 11 はエフェクターの入力の位置にオシロスコープの端子を当て、波形を出力したものである。図 12 はエフェクターの出力の位置にオシロスコープの端子を当て、波形を出力したものである。波形の最大出力の部分が平面になり歪みがかかっていることが測定できた。さらに、Nutube の増幅効果により、入力波形と比べて最大電圧が約 5 倍になっていることが出力波形からわかる。

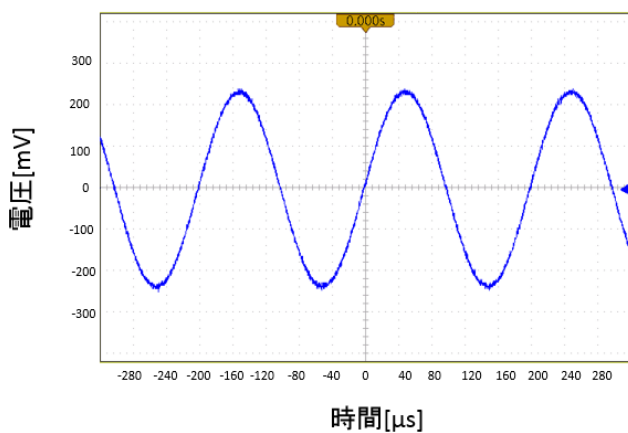


図 11 入力波形

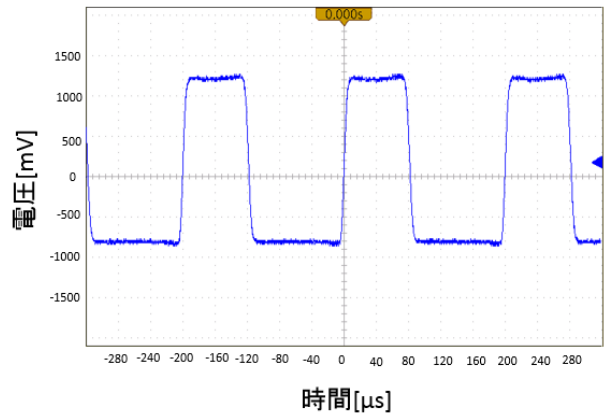


図 12 出力波形

6 おわりに

本研究では音響機器に着目し、中でも Nutube を用いて回路を作成し、その性能を評価すること目的とした。エフェクターを実装することで Nutube の特徴である省電力で動作することができ、歪みも確認することができた。今回の測定の結果、音圧や高周波帯域での出力から想定されるデータを取ることができた。

本研究のメリットとして市販されている Nutube を用いたエフェクターよりも低コストで自作することができた。また、Nutube を用いたエフェクターがあるときとないときでは主観的評価をしたときもグラフにあるように高周波数帯域の時に音の幅が広くより歪みを感じた。しかし、本研究では回路までに着手することができなかつたため、一から回路を考え、作成することができれば人それぞれ好みの音であったり、使用用途に合わせて歪みを出すことができる。

参考文献

- [1] 木村元，“音響信号の周波数特性と歪に関する研究”，南山大学 2013 卒業論文，2014．<http://www.st.nanzan-u.ac.jp/info/gr-thesis/2013/10se099.pdf>.
- [2] KORG，<https://korgnutube.com/jp/>，Deceber 2018.
- [3] いちむらまさき，“はじめての歪みエフェクター 定番機種を聴き比べ！”，株式会社リットーミュージック，東京，2018.
- [4] 林正樹，“真空管ギターアンプの工作・原理・設計”，株式会社ラトルズ，東京，2012.
- [5] 大谷隆夫，“オーディオ・ビギナー・クラブ DX”，株式会社音楽之友社，東京，2006.
- [6] 成田貴一，“スピーカの周波数特性の測定”，南山大学 2016 年度卒業論文，2017．<http://www.st.nanzan-u.ac.jp/info/gr-thesis/2016/fujii/pdf/13se138.pdf>.