

課題情報シート

テーマ名 :	真空管ギターアンプ・エフェクタの制作				
担当指導員名 :		実施年度 :	26 年度		
施設名 :	東海職業能力開発大学校				
課程名 :	専門課程	訓練科名 :	電子情報技術科		
課題の区分 :	総合制作実習課題	学生数 :	3	時間 :	12 単位 (216h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

本総合制作では、真空管とトランジスタのデバイス特性の比較を行う必要があったため、各デバイス特性が最も強く表れるような回路を選択することが1つの大きなポイントでした。アンプ機能のみに特化した回路とし、最もシンプルな回路構成を選択しています。

ギターピックアップ出力に対応させるため、広いダイナミックレンジと高い入力インピーダンス設計を行いました。

サウンドの違いを定量的に表現することを考案しています。音色については歪成分の差異として、サステイン（音の伸び）性能については出力飽和時の歪成分の差異として、弾き手の強弱表現性については入力レベルに応じた歪変化度合として数値化しています。実際の聴覚的評価も並行して実施し、真空管アンプの特性がギターアンプに非常に適していることを理論的に説明することができました。

【学生の内訳】真空管ギターアンプの設計・制作：1名、トランジスタギターアンプの設計・制作：1名、スピーカエンクロージャ、エフェクタの設計・制作：1名、各アンプの評価およびマイコンのプログラミング、スケジュール管理については全員で分担。

【訓練（指導）のポイント】

仕様に適合した回路設計、およびデバイス間差異の定量的評価のための基礎的知識として、真空管、トランジスタの動作原理、アナログ回路の基本を徹底的に習得させました。

サウンドの定量的評価のために、周波数スペクトルおよび高調波歪率について、実際に基本波と3倍の信号を加算させるなどの実験も併用し興味を持たせながら習得させました。

実用的なギターアンプを制作するに際し実践的な問題が都度生じてきますが、学生が保有している基礎知識を互いに提供し合い自ら問題解決できるような実践的課題解決能力の向上を重視しました。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 東海職業能力開発大学校
住所 : 〒501-0502 岐阜県揖斐郡大野町古川 1-2
電話番号 : 0585-34-3600 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/gifu/college/>

真空管ギターアンプ・エフェクタの制作

電子情報技術科

1. はじめに

真空管ギターアンプ、トランジスタアンプ、エフェクタの設計、制作、評価を通して、電気回路、プログラミング等に関する総合的な技能・技術力の習得を図る。

高い電圧が必要で消費電力が大きく、歪、ノイズが多く、形状が大きい真空管アンプが今日でもギターアンプ分野では広く用いられている理由について理論的解明を試みた。

2. 制作の概要

制作物は以下の4つである。

- ・真空管ギターアンプ
- ・トランジスタギターアンプ
- ・スピーカーエンクロージャー
- ・エフェクタ（エコー効果）

3. 設計および制作

3.1 真空管ギターアンプ

真空管の基本特性が表れるように最もシンプルな回路デザインを採用した。カソード接地型増幅回路（図1）3段構成、最終段はトランス負荷で、このトランスにより8Ωのスピーカーを駆動するためのインピーダンス変換を行う。出力パワーは約5W、入力インピーダンスは1MΩとした。

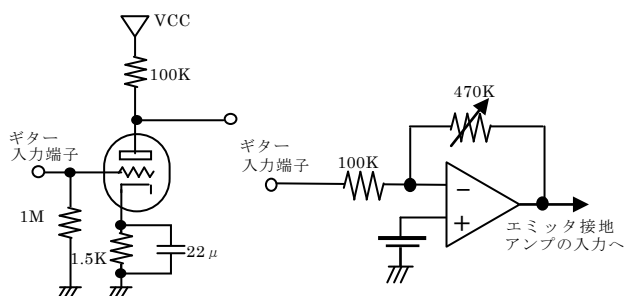


図1 カソード接地型増幅回路 図2 入力バッファ回路

3.2 トランジスタギターアンプ

トランジスタの基本特性が表れるように最もシ

ンプルな回路デザインを採用した。構成は、エミッタ接地型アンプ1段、出力回路として8Ωスピーカー駆動のためのエミッタフォロア回路（コンプリメンタリ SEPP Single-Ended Push-Pull）を用いた。

また、ギターピックアップの出力インピーダンスは非常に高く（数KΩ～数10KΩ）、アンプの入力インピーダンスを上げる必要があるため、オペアンプを用いて入力バイアス電圧供給を兼ねたバッファ回路を挿入した。（図2）

3.3 スピーカーエンクロージャー

真空管、トランジスタそれぞれのギターアンプの音の違いを聴覚的に確認するためギターアンプ専用のスピーカーエンクロージャーを設計、制作した。

筐体の構造としては、ギターピックアップの特性から生じる高音域の低下を補正するため、後面開放型構造を採用した。

3.4 エフェクタ

ギターアンプには必須のアタッチメントとして、マイコンを用いたエコー機能のエフェクタを設計、制作した。

A/D, D/A 変換を用いマイコンで信号を処理するデジタル方式を採用した。また、ギターの高い出力インピーダンスに対応するため、入力部にはトランジスタアンプと同様のバッファ回路を用いた。

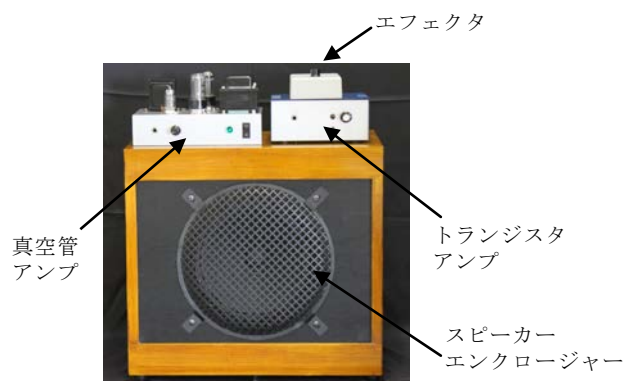


図3 ギターアンプとエフェクタ

4. 評価

4.1 評価項目

(1) 真空管, トランジスタの各アンプ

- ① 入出力特性 (周波数 440Hz)
- ② 波形観測 (入力レベル 450mVpp)
- ③ スピーカーを用いた実際の音評価
- ④ 周波数特性

図 4, 図 5

(2) エフェクタ

- ① 波形観測
- ② スピーカーを用いた実際の音評価

4.2 評価結果

(1) 真空管, トランジスタの各アンプ

今回の各アンプ回路において, 歪特性に顕著な違いがあることがわかった.

- ・全入力レベルにわたって真空管のほうが歪率 (THD) は大きい, 実際のギターの音を比較すると真空管の方が歪んでいないように感じる.

- ・真空管アンプの歪成分はほとんどが 2 次歪. 入力レベルの増加に対し歪がゆるやかに増加. 3 次歪については, ダイナミックレンジを超え波形が潰れた以降も比較的低い値を保っている.

- ・トランジスタアンプはリニアな領域では歪は比較的少ないが, ダイナミックレンジを越えると 3 次歪が急に増加する. 歪成分は 3 次歪が支配的.

(2) エフェクタ

目標通りのエコー効果が得られた.

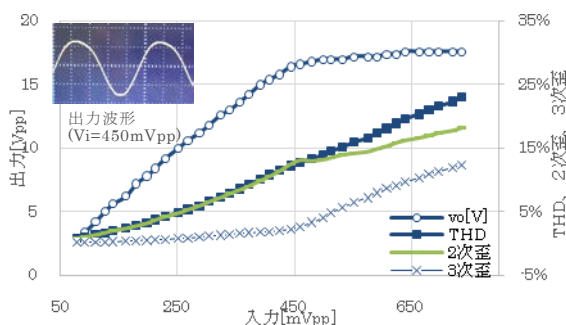


図 4 真空管アンプの入出力特性&歪特性

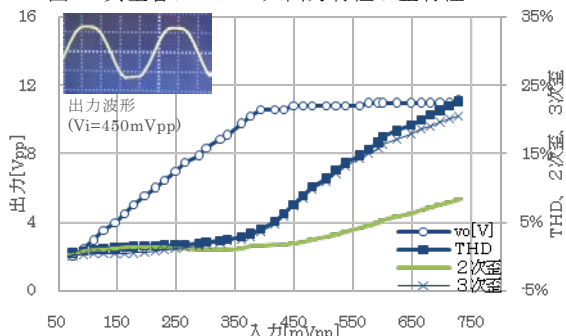


図 5 トランジスタアンプの入出力特性&歪特性

5. 考察

5.1 2 次歪と 3 次歪の聴覚的考察

2 次高調波が発生するという事は, 聴覚的には 1 オクターブ高い音加わるということを意味し音楽的には音の深みが増す効果がある. 歪起因ではあるが不快な音ではない.

一方 3 次高調波が発生した場合を考えると, 聴覚的には 1 オクターブ+完全 5 度の音 (ドに対してソ) が加わるということを意味し望まない和音が発生してしまう.

5.2 楽器に求められる性能

ギターアンプに求められる性能は, 適度に歪ませることによりトーンを豊かにすること, 強弱表現が得られること, またサステイン (音の持続) が得られること等である.

5.3 まとめ

左記評価結果より各アンプの特性を比較した

表1 アンプの特性の比較

項目	真空管	トランジスタ
音色	2 次歪による深みのあるトーン	3 次歪のため不快感が多い
弾き方の強弱に対する反応	弾く強さに比例して歪が増してゆく。(ナチュラルディストーションが得られる) プレーヤーの思うような強弱表現がつけられる.	強く弾くと不連続に突然激しく不快な歪が発生 強弱表現が得にくく, メリハリのない一定強度になってしまう.
サステイン	自然な音色で音を伸ばすことができる.	音を伸ばす際不快な歪を伴う.

今回の各アンプ回路において, 真空管ギターアンプの特性がギターアンプに求められる性能によく合致していることが分かった.

6. おわりに

本制作および評価により, 真空管ギターアンプが強く支持されている理由を理論的に説明することができた. エレキギターが発明された当時, 真空管方式のアンプしか存在していなかったことは, エレキギターの普及にとっては幸いしたと考えられる.

また, 目標達成に向け, 立案から設計, 制作, 評価に至るまでの一連の取り組みにより, 実践的, 総合的な技能, 技術力を身につけることができた.

参考文献

- (1) CQ 出版社 SH2 マイコンで学ぶ組み込み開発入門

課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 12月 16日

科名：電子情報技術科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		真空管ギターアンプ・エフェクタの制作	
担当教員		担当学生	
○電子情報技術科			
課題実習の技能・技術習得目標			
真空管ギターアンプ、トランジスタギターアンプ、エフェクタの設計、製作、評価を通して、電子回路、プログラミング等に関する総合的、かつ実践的な技能・技術力を習得する。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
トランジスタに比べ、消費電力、発熱量、形状等に関して圧倒的に劣っている真空管がギターアンプ用としては強く支持されている。多くのデメリットがあるにも拘わらず根強く愛好されている理由を理論的に解明したいという動機に基づき実習テーマとして設定した。 また、本テーマには電子情報技術科で学習する基本的技術要素が多く含まれており、専門課程の集大成として非常に有意義な実践の機会となると思われたため実習テーマとして設定した。			
実習テーマの特徴・概要			
真空管アンプのメリットを見出すため、比較としてトランジスタアンプを制作、また、実際の音を比較するため専用のスピーカーエンクロージャーおよびエコー効果のエフェクタを制作する。 ギターピックアップの出力インピーダンスが大きいため、よりハイインピーダンスの入力回路を設計する。また、スピーカーを駆動するための出力回路を設計する。 エフェクタはマイコンを用いたデジタル方式を採用し、プログラミングを実践する。 真空管アンプの特長を聴覚的に確認し、同時にデータに基づいた理論面からも説明できるように評価計画を立てる。			
No	取組目標		
①	目標仕様の作成方法を学びます。		
②	目標仕様から設計仕様を作成します。		
③	真空管のカソード接地回路、トランジスタのエミッタ接地回路を学び、回路設計・制作・評価を行います。		
④	ハイインピーダンス入力回路を学び、回路設計・制作を行います。		
⑤	エコー効果を実現するエフェクタのプログラミングを実行します。		
⑥	ギターの周波数特性に適合したスピーカーエンクロージャーを設計、制作します。		
⑦	真空管とトランジスタアンプとの特性の違いを評価結果に基づき分析し、真空管が支持されている理由を考察します。		
⑧	進捗状況を都度見極め、実習全般のスケジュール管理を実践します。		
⑨	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）を徹底し、安全衛生面を重視した実習を実行します。		
⑩	報告書の作成、制作品の展示および発表会を行います。		