

技術教育のための総合的な材料加工教材の提案

～デジタルオーディオアンプの製作～

松本 金矢*・古市 裕太**・中西 康雅*

学習指導要領の改訂により、中学校技術分野の学習内容が4つに再編された一方で、選択授業が廃止されたため実質的な技術科の学習時間が減少しており、教育現場では複数の学習内容に跨る複合的・横断的な教材の開発が求められている。本研究では、このような現場のニーズに応えるために、材料加工、エネルギー変換、情報に関する技術を含み入れた総合的な教材として、近年測定機器や増幅機器用の技術として注目されている $\Delta\Sigma$ 変調を利用した1ビットデジタルアンプの製作教材を提案する。提案した教材を大学の金属加工実習で実践し、その有効性についても検討したので報告する。

1. はじめに

平成24年度に完全実施となった中学校新学習指導要領¹⁾において、技術・家庭科技術分野（以下、技術科とする。）の内容が大きく「A. 材料と加工に関する技術」「B. エネルギー変換に関する技術」「C. 生物育成に関する技術」「D. 情報に関する技術」の4つに分かれ、全てを履修することとなった。しかし技術科の授業時数は変化しておらず、選択授業が廃止されたため、週1時間程度かそれ以下の限られた時間の中でこれらを学習しなければならない。そのためには、複数の内容を学習することのできる複合的な教材が求められている。

一方、中学校学習指導要領技術・家庭編の目標には、生活と技術についての関係を学習すると明記されており、これまで学校現場では技術科の教材として実用性を重視した生活に根ざしたもののづくりが行われてきた。しかし、限られた時間で実用的な作品を完成させるためには、製作が容易で設計の自由度の低い教材しか扱うことができず、生徒の興味関心を引き出せる教材は少ないのが現状である。日本は技術を活用しながら経済的にも発展し技術立国と呼ばれるようにまでなってきたが、日本の未来を切り開く人材を育成するという観点から、技術科では国民の素養となる生活に根ざした技術を学習させるだけでなく、新たな技術を開発してみたいと望むような人材も育成して行かなくてはならない。そのためには、まず技術に興味・関心を持たせることやものづくりの楽しさを感じさせることが必要である。それを実現するためには、複合的な教材を利用することで限られた時間を有効に活用し、生徒に十分にものに関わる体験を味わわせることが重要であると考えられる。

著者らは、生徒が音楽に興味を持ち始めることに注目し、オーディオスピーカの設計・製作・評価を取り入れた工業科課題研究の教材²⁾を開発してきたが、その実践の中で、一般家庭においては製作したスピーカーを駆動するアンプがない場合が多く、製作品を活用できていないという実態が明かとなった。そこで本研究においては、デジタルオーディオアンプの製作教材を提案する。デジタルオーディオアンプ³⁾は、エネルギー変換技術の応用である電気回路の製作だけでなくフレーム（筐体）の製作を取り入れることで、金属加工・木材加工等の材料と加工に関する技術についても学習することができる。また、DA-AD変換による音響信号の再生に関わって、情報に関する技術の導入としても取り扱うことが可能であると考えられる。

2. 複合教材の提案

2.1 題材の提案

デジタルアンプとは、アナログ信号を一度デジタル信号に変換しそれを増幅した後、再びアナログ信号として出力する装置である。その変換方式の一つに、 $\Delta\Sigma$ 変調^{4), 5)}と呼ばれるものがある。 $\Delta\Sigma$ 変調とは、振幅変調されているアナログ信号を1ビットのパルス列に変換する方法で、信号振幅をマルチビットのデジタル信号に変換するPWM方式に比べてノイズに強く、これを利用したアンプは構造がシンプルで高効率（80～90％）であるという特徴がある。また、1チップ化された半導体アンプは、電源としてスイッチング電源や電池なども利用できることから、部品点数が少なく低価格でしかも短時間で製作できるなど、教材としての優れた特徴を有する。さらに、回路が単純であることから全体像が把握しやすく、中学生が学習するエネルギー変換に関する技術の教材としても適している。また、DA変換・AD変換による音響信号の処理は、コンピュータ等の情報機器のデジ

* 三重大大学教育学部技術教育講座

** 三重大大学大学院教育学研究科

タル信号処理にも関係する技術であることから、情報に関する技術の教材としても利用することが可能であると考える。

このデジタルアンプの製作を通して、製図を含む金属加工や木材加工およびエネルギー変換のものづくり教材としても利用することで、複合領域の学習が可能な教材として提案するものである。

2.2 作業手順

2.2.1 製作の概要

デジタルオーディオアンプを製作する手順は以下の通りである。

- (1) 製作品の構想・製図
- (2) アンプケースの製作
- (3) ボリュームつまみの製作
- (4) アンプの電子回路の製作
- (5) 動作確認

(1)は設計・製図の内容を含み、(2)は金属・木材加工、(3)は機械加工の内容、(4)(5)ではエネルギー変換を利用した製作（電気・電子）を実習する。以下に、その詳細を述べる。

2.2.2 製作の詳細

(1) 製作品の構想・製図

アンプケースのデザインを考え、スケッチを描き、部品図を製図する。

①アイデアスケッチ

スケッチは不等角投影法あるいは等角投影法や斜投影法を用いる。図1にアイデアスケッチの例を示す。ここで取り上げたものは、 $t1.5$ のアルミ板および木材、亚克力板を用いている。アンプの各部品を取り付ける前後面及び底面はアルミ板で、側面が木材、天板は中のアンプ回路が見えるように亚克力板を用いている。

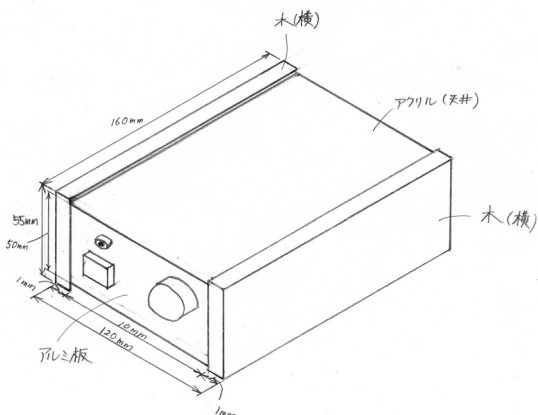


図1 アンプケースのアイデアスケッチ

②アンプケース部品の製図

デジタルアンプケースの部品図を描く。図2にアルミ板の部品図の例を示す。穴あけの位置や内径、折り曲げ位置を記入する。

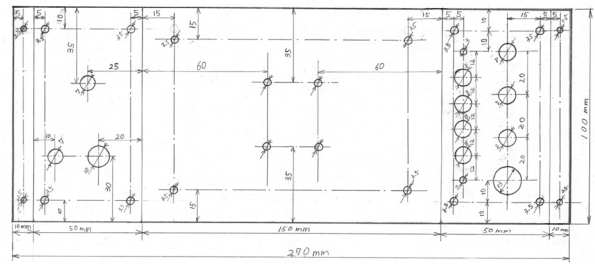


図2 アルミ板の部品図

(2) アンプケースの製作

製作図に基づいて、アルミ板および木材、亚克力板の加工を行う。

①アルミ板の加工

- ・材料取りを決め、アルミ板にけがく

大きいアルミ板から必要な分を決めてせん断線をけがき、せん断機にそのせん断線を正確に合わせて、切断する。金属へのけがきは、鋼尺とけがき針を用いる。鋼尺で寸法をとりながらけがき針でけがきする。図3にアルミ板のけがきのイメージを示す。

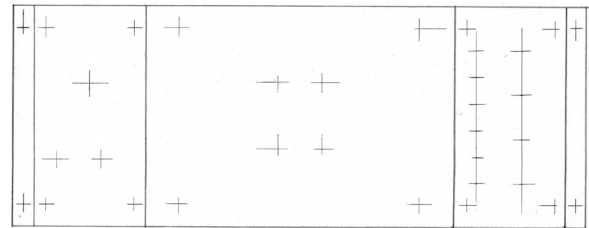


図3 アルミ板のけがき

穴あけ加工を行う際は、センタポンチとハンマを用いる。穴あけを行う点にセンタポンチをあて、ハンマで軽くたたく。

センタポンチでけがいた点を、卓上ボール盤を用いて穴あけ加工する。卓上ボール盤による穴あけ加工が終わったら、リーマを用いて各部品が入るまで穴を広げる。その後、穴より太い径のドリルやリーマでバリを削り取る。また、ボリュームなど部品に回転を防止するための突起がある場合は、ヤスリで穴に切り欠きを作る。アルミフレームの穴空け加工の例を図4に示す。

- ・折り曲げを行う

折り曲げ機を使ってアルミ板を折り曲げる。この際に、けがいた折り曲げ線を正確に合わせてから折り曲げる。また、折り曲げるときは、折り曲げたい角度より少し大きく曲げる。これは、金属の性質である弾性により力を除くと元に戻ろうとする特性（スプリングバック）があるからである。また、折り曲げる順番を間違えると加工が困難になるので注意する必要がある。

②ウッドパネル（側板）の加工

- ・木材にけがく

木材にさしがねで寸法をとりながら鉛筆でけがく。こ

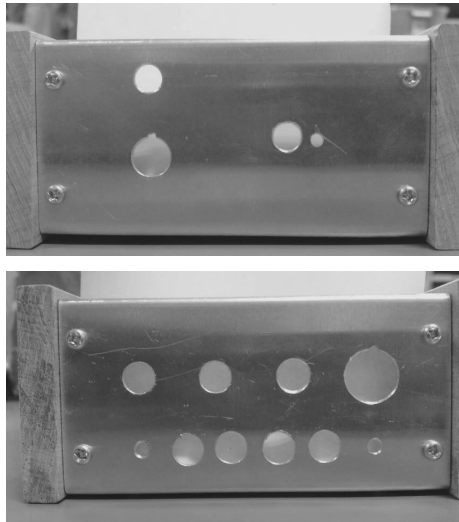


図4 アルミフレームの穴空け加工

の際に、きりしろなども考慮してけがくように注意する。

- ・木材を加工する

のこぎりを用いて切断線に沿って切断する。その後、かんなを用いて木口および木端が基準面に対して平行になるように削る。形が整ったら、ニスで塗装する。

- ・アルミフレームとの接合

アルミアングルにねじ穴を開けて木ねじで固定する。M3程度の小ねじとナットでアルミフレームに取り付ける。

③アクリル板の加工

- ・アクリル板にけがく

アクリル板へのけがきは長尺で寸法をとりながらアルコール系インキのペンで直接けがきする。アクリル板表面を保護しているシールがある場合は、そのシールに鉛筆でけがきし、材料を傷つけないようにする。

- ・アクリル板を加工する

アクリル板は専用のカッターと鋼尺を用いてけがき線にそって少しずつ削りながら切断する。溝の深さが材料の厚みの半分以上になったら作業台の角などで折る。その後、カッターの刃の背を使って切断面をきれいに仕上げる。

(3) つまみの製作

図5に示すボリュームつまみを旋盤および手仕上げで加工する。

①旋盤加工

アルミの丸棒(φ30)を旋盤でチャックし、つまみ表面に当たる部分を端面削りする。次につまみ側面の外丸削りを行う。角をC1で面取りを行う。

この盤で必要な長さ切断し、切断面を端面削りすることによって、必要な長さに加工する。

ドリルを用いてボリュームを差し込む穴をあける。

中ぐりバイトによって、ボリュームの取り付けねじの隙間を加工する。

②ねじ切り

ボール盤で、つまみ側面に固定用ねじの下穴φ3.5を

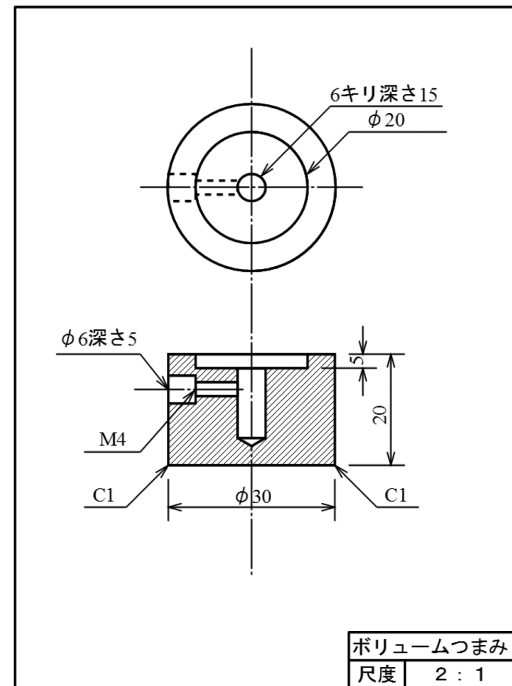


図5 ポリュームつまみ

開ける。固定ねじの頭が隠れるように、φ6で穴を広げる。タップを用いて、固定用の雌ねじを切る。

(4) アンプの電子回路の製作

デジタルオーディオアンプの部品を基板にはんだづけする。入出力端子とアンプで構成される電気回路を製作する。電気回路を図6に示す。また、デジタルアンプキットの部品を図7に示す。

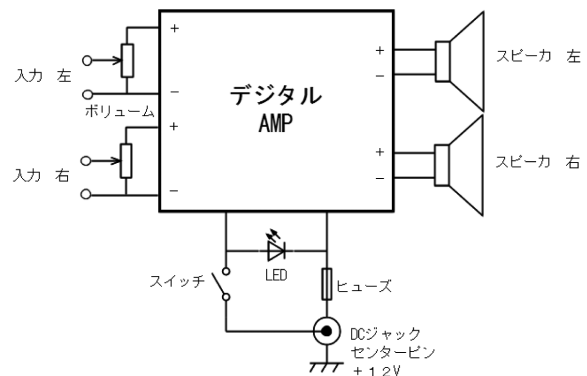


図6 電気回路図

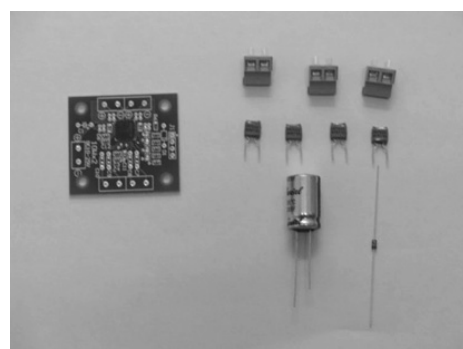


図7 デジタルアンプキット (Strawberry Linux 製)

(5) 動作確認

完成したデジタルオーディオアンプとスピーカー、音源を配線し、動作確認を行う。

通電する前に、配線に不備がないか十分に確認する。デジタルアンプは回路が小さな半導体に集約されているため、電源の正負を間違えると破損の恐れがあるためである。通電試験時には、ヒューズを通電量の小さいものに取り替えると、部品の破損を防ぐことができる。

図8に完成したデジタルアンプを示す。

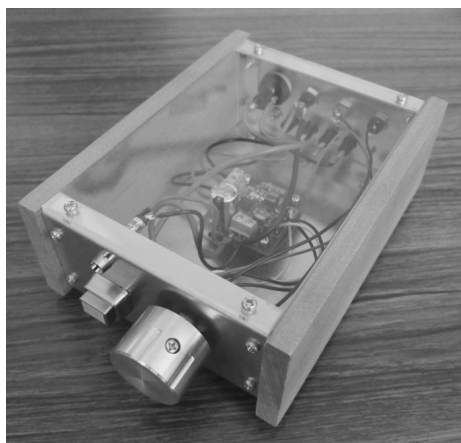


図8 デジタルアンプ完成品

3. 本教材の検証

3.1 概要

デジタルオーディオアンプの題材としての有効性を検討することを目的として、三重大学教育学部技術教育コースで開講されている『金属加工実習及び製図』においてアンプの製作を実践し、受講学生に対してアンケート調査を行った。

3.2 アンケート調査

本アンケート調査の対象は、『金属加工実習及び製図』でアンプの製作を行うようになった2009年度以降にこの授業を受講した技術教育コースの学生である。質問項目は大きく5問ある。問1・2の回答方法は選択式で、問3・4・5は主に自由記述である。問1は、アンケートの結果を検討する上で、その学生がどの年度に受講したのかを整理するためのものである。問2は、製作したデジタルオーディオアンプの使用状況を調べた。この質問は、本教材が生活により役立つものとして設定しているため、そのねらいが達成できているかを知るために行った。問3は、本授業をよりよいものにするために、受講しての感想を聞き、学生の視点から本授業の評価を行った。また、本授業は「板金加工、旋盤加工、溶接加工や鋳造等の金属加工領域の実習を通して、中学校技術科教員に必要な製図の知識、金属加工技術を学ぶ。」というものであることから、問4では学生がどのような知識や

技能を得たと感じているかを調査した。最後に、本授業の受講者である技術教育コースの学生は技術科の教員を目指す者が多いことから、問5では、本教材を技術科で用いることができるかどうか、またそのためにはどのように改善すればよいかを聞き出すものとした。

3.3 結果と考察

アンケートは21名から回答が得られた。

問2（アンプの使用状況）の回答で得た結果のグラフを図9に示す。なお、この質問に関しては、現在履修中の学生5人を統計に入れていない。

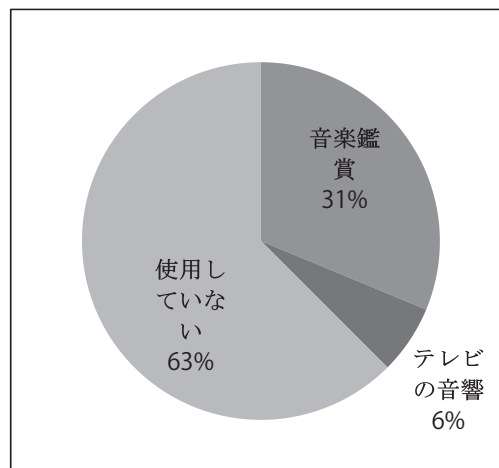


図9 アンプの使用状況

各項目の人数は、「音楽鑑賞」に使用している者が5名、「テレビの音響」に使用している者が1名、「使用していない」者が10名であった。全体の40%が使用していることが分かった。一方、現在履修中の学生には、問2を今後使用する予定である物を選択肢から回答させた。その結果、5人中2人が「使用していない」または無回答であった。このことから、製作後のアンプの使い道を検討させてから製作を始めることで完成後に使用する者の割合が増えるのではないかと考える。

次に、問3（受講しての感想）の回答の代表的なものを以下に示す。

- ・工具や工作機械が使用できてよかった。
- ・日常生活で使える点がいい。
- ・買わなければ手に入らないものが自分で作れてよかった。
- ・製作の過程で問題をいろいろと解決できた。
- ・設計から完成までの全工程を行うことができた。

教材設定のねらいである「日常で使える」という回答が得られたことは、本題材の有効性を示していると思われる。また、製作中に多くの課題が発生するが、その問題から学習があるという回答があり、問題解決を行いながら製作している様子がうかがえ、達成感を得た者もい

た。さらに、「研究に役立った」や「教員採用試験の対策となった」など、学習がその後の活動にも活かされる可能性があることが分かった。

一方、回答の中には今後の課題となり得るものもあった。その回答を以下に示す。

- ・アクリル板と金属板の接合がうまくいかなかった。
- ・配線が難しい。
- ・はんだづけに時間がかかる。
- ・デザインが同じようなものになる。
- ・穴を開ける位置を間違えた。
- ・設計した通りいかない。
- ・はんだが気化した煙が目に入って痛かった。

「アクリル板と金属板の接合がうまくいかなかった」という回答から、接合方法を改善する必要があるのではないかと考える。また、「配線が難しい」「はんだづけに時間がかかる」などの回答から、中学生で教材として用いる場合は配線やはんだづけを簡単にすることや「デザインが同じようなものになる」という回答から設計の際に個性あるものを考えさせることで創意・工夫を行わせるなどの支援が必要であると考え。「はんだが気化した煙が目に入って痛かった」という回答については、作業中は吸煙器を使用していたが、回路が小さいために顔を近づけすぎて作業していたものと思われる。作業方法の指導を徹底するとともに、拡大鏡を用いるなど作業環境を整えることが必要であると考え。

問4（どのような知識や技能が得られたか）への代表的な回答を以下に示す。

- ・工具（はんだごて、ねじ切り）や工作機械（旋盤、ボール盤）の知識・技能
- ・安全管理（工作機械のメンテナンス、作業着など）
- ・製図の書き方と重要性、CADの使い方
- ・アンプとスピーカーの違い

このような回答から学生は、「工具や工作機器の知識・技能・管理」「安全への配慮（服装など）」「設計・製図、製作の各工程における知識・技能」「金属の材料特性と加工法」「電子製作」「木材加工」「教材そのもの」などを学習することができたのではないかと考える。

最後に、問5から本教材を中学校技術科で用いることについての回答を得た。まず、その賛否についての結果を図10に示す。

回答の結果は賛成が5名、反対が16名となり、反対が全体の4分の3を占めた。その理由としては、製作時間や教材費、製作の難易度、学校にある工具や工作機器などがあげられていた。その一方で、賛成の理由として、

複合的な学習ができる、他の教材よりも使えそう、製作を通して体験的に学べるなどがあげられており、中学校で実践できるように改善できれば効果的な教材であると考え。

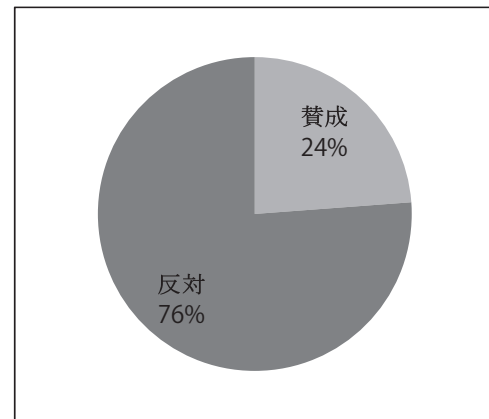


図10 中学校技術科で教材として用いることの賛否

3.4 アンケートのまとめ

本アンケート調査では、製作後のアンプの使用状況や学生が習得したと感じる知識・技能、技術科でアンプを題材として用いるという3つの観点から、本題材による利点や課題を知ることができた。具体的な成果を以下に示す。

- ・製作の過程において、様々な工具や工作機器を使用すること。
- ・完成後に日常生活で使用できること。
- ・設計から完成までの全工程を行うこと。
- ・製図の場面でCADを用いるなど、各工程において様々な学習を取り入れることができること。
- ・製作を通して学習することで、知識や技能を実践的・体験的に学習できること。

また、具体的な課題を以下に示す。

- ・完成後の使い道を検討してから製作を行うこと。
- ・アンプのデザインが同じようなものになるなど、創意・工夫が少ないこと。
- ・製作時間・コストがかかることなどから、技術科の題材にするためには改善が必要であること。

4. おわりに

中学校技術科の複合教材として、デジタルオーディオアンプ製作教材を提案し、その原理、構造、製作過程を明らかにした。また、大学の金属加工実習において実践し、受講学生に対するアンケート調査から、本提案教材の有効性と課題を明らかにした。

これらの結果から、本提案教材が、技術科の「材料と加工に関する技術」、「エネルギー変換に関する技術」、「情報に関する技術」の複合的な内容を学習するのに有効であること、また受講学生にものづくりに対する強い興味関心を引き出すことが明らかとなった。

参考文献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領、第8節技術・家庭科〔技術分野〕（2008）
- 2) 松本金矢、山本尚登、館学、稲濱章誠：オーディオスピーカの設計・製作・評価を題材にした工業科課題研究、日本産業技術教育学会誌、Vol.46、No.2、pp.55-60（2004）
- 3) 安田清、早瀬徹、佐藤昭治：1ビットオーディオ、シャープ技報、第77号、pp.67-72（2000）
- 4) Eric Gaalaas、劉洋、西村直哲：1チップに集積されたステレオ $\Delta\Sigma$ D級アンプ、電子情報通信学会、信学技報、Vol.105、No.96、pp.31-34（2005）
- 5) 原田基樹、平野智、後藤富朗、桜井優：D級アンプ用高次有極型 $\Delta\Sigma$ 変調器の最適設計手法に関する研究、映像情報メディア学会技術報告、Vol.33、No.33、pp.1-4（2009）