

技術・家庭科（技術分野）学習指導案

日時 平成23年2月19日（土）
1時限（10：30～11：20）
対象 第2学年3組（29名）
授業者 教諭 馬田 大輔

1. 単元 A 技術とものづくり（5）エネルギーの変換を利用した製作 「アンプ内蔵スピーカーの製作」

2. 本単元の到達目標

- ・＜調査＞学習した知識と調査による情報をもとに、多角的な視点で製作課題を挙げることができる。
- ・＜設計＞調査で定めた製作課題に見合う設計案を複数挙げ、そのうち1つの設計を選択した正当性を示すことができる。
- ・＜計画＞製作プロセスを理解したうえで、自らの設計に見合う製作計画の一部を作成することができる。
- ・＜製作＞機械の使用法を理解し、設計どおりに上質な製作物を完成させることができる。
- ・＜評価＞製作物の成功度を客観的に評価・分析し、改善方法を提案することができる。
- ・＜テクノロジーに関する態度＞安全への配慮、他者との協調、プロジェクトへの意欲の全てにおいて、満足のいく規準を示すことができる。

3. 本単元のねらい

本単元は、自らの定めた条件に見合うスピーカーのエンクロージャーを設計し、工作機械を用いた木製エンクロージャーおよびアンプ基板を製作後、製作したスピーカーの周波数特性測定および製作物によって製作過程の評価を自ら行うものである（指導過程については配布冊子参照）。

（1）単元観

本校では、実社会で役立つ確かな学力の定着を目指しており、机上での学習だけではなく、得た知識を実践的に結び付けていくような学習活動が多く行われている。本単元では、スピーカーという身近な製品に着目しながら、音の性質や電界と磁界の関係といった科学的な学習内容と現実世界をつなぎ合わせるとともに、情報を集め条件を導き出す調査段階の学習や、計画や製作段階における作業効率やシミュレーションの重要性について考えさせることにより、ビジネスにおいて必要不可欠なワークフローを体験的に学習することができる。

（2）教材観

MY Pの評価規準では、調査による条件をもとに設計をすることが求められるため、製作物の完成形を指導者が指定することができない。かつ、製作後に製作物の評価を行い、設計の違いによる何かしらの考察ができることが望ましいといえる。本単元で扱うスピーカーは、エンクロージャーの形状により、完成品の音に変化があらわれ、その変化をグラフから読み取ることも可能であることから、MY Pのデザインサイクルに適合可能と考えられる。また、スピーカーユニットは、エネルギー変換の領域として位置づけが可能な題材であり、アンプ基板の製作を取り入れることで電気分野にもアプローチが可能である。

(3) 生徒観

本単元の対象学年である第2学年は、本単元とほぼ同時期に物理で音の性質や電界と磁界の関係を学習する。これにより、他教科で学んだことを本単元と結びつけることが可能であり、学習が深まることが期待できる。ただ、扱う内容にはより高度なものも含まれるため、エンクロージャーの仕組みにおける知識的な部分においては、形状と効果を明確に結びつけるまでには達しておらず、理論的な理解よりもイメージでの理解に重点をおく必要がある。また、今日における大容量MP3プレーヤーの普及状況により、生徒の多くが自分用のMP3プレーヤーを所有しており、完成したスピーカーを使用する環境が整っているといえる。完成後に使用することが製作過程の一部でもあるため、使い道が定まっていることによる効果は大きいと考える。

4. 本時 (アンプ内蔵スピーカーの製作 評価)

(1) 本時のねらい

- ・評価のプロセスにおける学習活動の理解
- ・測定方法とグラフの読み取り方の理解
- ・周波数特性の考察における視点の獲得

(2) 本時の展開

	学習内容	学習活動	指導上の留意点
導入 (10分)	①挨拶 ②評価のプロセスシートの記入法	①週番が号令をかける。 ②説明を聞き、メモをとる。質問があれば挙手して質問する。	①出席確認 ②プリントを配布、評価について説明
展開1 (15分)	①スピーカー試聴 ②測定方法の説明	①形状の違う2つの密閉型スピーカーを聴き比べる。 ②グラフの読み取り方を学習する。問に答える。 Q「縦軸と横軸は何を表している？」 ・音の大きさ、強さ、高さ etc. Q「測定用の音はどんな音といえる？」 ・音が変化している、低い音から高い音になっていっている、音の大きさはほぼ一定になっている etc.	①スピーカーはあらかじめ連結し、再生可能な状態にしておく。 ②プロジェクターをつける。
展開2 (15分)	①グラフの考察 ②考察結果の発表	①班をつくり、配布された測定結果のグラフ2枚をそれぞれ分析する。 <A: 奥行の異なる2つの密閉型> <B: 密閉型とパスレフ型> Q「それぞれ何Hzあたりにピークが来ているか? ピークの違いはあるか?」 Q「グラフからどんなことがいえる?」 ②指名された班は、考察結果を発表する。	①班ごとにグラフとワークシートを配布。班活動中は机間巡視を行う。 ②班を指名する。
まとめ (10分)	①音響について	①スピーカーの置き場所や設置する空間そのものが音に与える影響に気づく。	③スライドを準備しておく。

(参考資料1)

本授業で行った実験について

異なる設計で製作した2つのスピーカーを、聴感的に比較することは難しい。その大きな理由としては、音の場合2つを同時に比較することができないということが挙げられる。片方のスピーカーで再生したあと、もう片方のスピーカーで再生しても、音を正確に覚えておくことはできず、はっきりした違いは感じ取れないのである。しかし、本授業で行った、音を波形であらわし、視覚的に捉えられるようにすれば、波形同士を見比べることができる。アンプを取り付けた状態での実験を行わないのは、アンプ基板製作のとりわけ配線部の加工の精度により、出力される音が変わってしまうため、製作物が完成してから性能を試そうとしても、エンクロージャー部の設計によって音質が変化しているのかわからなくなってしまうからである。そのため、本授業では、出来上がったアンプなしのスピーカーと音源を直接繋ぎ、アンプの完成度を度外視して設計による音質の違いを探ることを目的としている。

本授業で行った、スピーカーの周波数特性の測定は、ノート PC、マイクと、フリーソフトである **Wave Gene** (テスト信号発生ソフト)、**Wave Spectra** (高速リアルタイムスペクトラムアナライザー) を用いて行った。

マイクは、PC 用のマイク付きヘッドフォンを加工し、マイクだけを外してある。マイクはプラグインパワー対応のステレオタイプ **ECM** (エレクトリック・コンデンサ・マイク) で、家電量販店で市販されているネット電話などに対応しているものである。測定用のマイクではないが、ほとんどのヘッドフォン付属のマイクが、無指向性で 20~16000Hz 程度までは対応しており、相対的な測定であれば問題なく使用できると判断した。

Wave Gene で設定している実験用の音は、人間の可聴範囲である 20Hz から 20kHz までの正弦波を、スイープで 20 秒流すものである。これは、20 秒かけて 20Hz から 20kHz まで滑らかに音が高くなっていくものであり、スピーカーの簡易的な周波数特性の測定で用いられる一般的な方法である。この音を PC の外部出力に繋いだスピーカーで再生させ、スピーカーから出力された音をマイク入力から PC へ戻している。

Wave Spectra では、マイクから入力した音を高速フーリエ変換し、リアルタイムでその周波数成分が表示されるようになっている。マイクからスピーカーまでの距離を固定して音を再生し、周波数成分のピークを保持すれば、20Hz から 20kHz までの周波数がグラフとしてあらわされ、これを保存することで異なる2つのスピーカーの波形を比較することができる。

純粋な正弦波スイープをピーク保持して表示したグラフは、20~20000Hz が一直線に結ばれるものになるが、スピーカーから再生されたものを表示させたグラフは、スピーカーの構造やエンクロージャーの形状、マイクとの距離やスピーカーの回りにある障害物によって、細かい凹凸ができる。後面開放型エンクロージャーを例にとると、エンクロージャー内の定在波や後面からの音の回り込み、さらには回りにある障害物に反射した音までもがスピーカーから出力される音と足しあわされるため、純粋なテスト信号の音にはならないことになる。このように、純粋なテスト信号の描くグラフとどれだけ差が生まれるかということが、本時の実験の視点となる。

上記フリーソフトの入手サイトを以下に示す。

Wave Gene (<http://www.ne.jp/asahi/fa/efu/soft/wg/wg.html>)

Wave Spectra (<http://www.ne.jp/asahi/fa/efu/soft/ws/ws.html>)

本単元製作実習の教材について

本単元のエンクロージャー製作実習で生徒に配布した材料は以下のとおりである。本時の演示でも同じものを使用した。

- ・シナ合板（260×260×12、センターにφ66の穴加工、主にバッフル板用）
- ・MDFボード（120×700×12、主に側板、天板、底板用）
- ・MDFボード（230×230×6、背板用）
- ・スピーカーユニット（F02107H0、北日本音響株式会社製）

合板やMDFボードは、市販のエンクロージャーにも使用されており、エンクロージャーの材料としては一般的なものである。バッフル板のみに合板を使用しているのは、スピーカー取り付け時に木ネジを使用するためである。MDFボードは釘や木ネジとの相性が悪いものの、比較的安価であり、狂いも少ない。1年次ではムクのアガチス材を使用しているため、材料の特徴を比較する観点からも有効である。

スピーカーユニットは、最低共振周波数 200Hz 以下で、振動板有効半径がφ25mm程度のものを探した結果、このユニットを採用した。周波数特性も比較的フラットであり、TSパラメーターが公開されているため、設計時の簡単なシミュレーションが可能となる。以下に掲載サイトを示す。

- ・F02107H0 (http://www.kitanihon-onkyo.co.jp/old/catalog/full_g_file1/f02107h0.html)。

上記サイトに掲載されていないが、問い合わせによって得られたデータも以下に示す。

- ・振動板有効半径 2.65(cm)
- ・等価質量 (m0) 1.13
- ・等価スティフネス (S0) 1.59
- ・共振先鋭度 (Q0) 0.79

また、本単元を行うにあたり、参考にした書籍を以下に示す。

<参考文献>

- 新井悠一（2008）『シミュレーションと測定で完全製作！高品位スピーカーシステム』 誠文堂新光社
長岡鉄男（2004）『新装版 世界でただひとつ自分だけの手作りスピーカーをつくる』 講談社
佐伯多門（1999）『新版 スピーカー&エンクロージャー百科』 誠文堂新光社
田中和成（2008）『位相反転型エンクロージャの設計法』 誠文堂新光社

アンプ内蔵スピーカーの製作とMYPテクノロジーとの関連について

1. MYPにおけるテクノロジー領域

MYPとは、国際バカロレア機構（IBO）が定めた中等教育課程を指し、11歳から16歳までの生徒の教育要件を満たすよう作られたものである。本校では、MYPの第2学年から第5学年までの期間（日本の教育課程でいうところの中学1年から高校1年まで）を扱う。

技術・家庭（技術分野）は、MYPのテクノロジーという教科グループに属しており、テクノロジーに属する他教科は、情報、家庭科である。MYPテクノロジーでは、以下の目標を掲げている。

『MYPテクノロジーは、生徒が日常生活や社会におけるテクノロジーの役割を理解し、現実世界の難問に対し、批判的かつ臨機応変に対応できる有能な問題解決者となるのを助ける手段と環境を提供することを目指す。』

この目標を達成する手段として、MYPは、「デザインサイクル」というものを提案している。これは、調査、設計、計画、製作、評価という一連の流れをあらわしたものであり、各単元の授業計画や評価はこれに沿って行う。この評価は、学習指導要領で定める観点別評価の項目と異なり、調査・設計・計画・製作・評価・テクノロジーに関する態度の6項目の評価規準に準拠する。よって、MYPテクノロジーとしての技術科がまず達成しなければならないのが、デザインサイクルの導入であると示唆できる。

2. デザインサイクル導入により教材に求められる要件

デザインサイクルを導入した場合の単元の流れとしては、ある事象についての調査から課題を与え（または生徒自身が見つけ）、それを解決するための設計および計画を行い、それを実証するために製作をし、結果を批判的に評価する、というものになる。この流れを生むための手だてとして教材に求められる要件をまとめると、以下のような点が挙げられる。

- ① 設計によってなにかしらの課題を解決できること
- ② 考案した設計どおりに製作が可能なこと
- ③ 完成した製作物が課題を解決できているかを生徒自身が評価できること

3. 本教材のデザインサイクルの導入達成における工夫

本時で用いた教材であるアンプ内蔵スピーカーは、生徒一人一人が与えられたMDFボードの範囲内で自由にエンクロージャー部を設計、製作し、そこにアンプとスピーカーを組み込むものである。上述した教材に求められる要件と本教材の関連を以下に記す。なお、ここで示しているものは、本授業で扱うエンクロージャー部の設計から評価についての記述に絞っている。

①について

スピーカーはスピーカー本体の構造やそれを覆うエンクロージャーの形状、設置方法などにより、音が変化する。スピーカーの性能は、スピーカーに流れ込む電気信号をなるべく忠実に音へ変換できるか、聴感的に心地よいものとなっているか、使用環境に適したものとなっているか、などの視点が考えられる。

生徒は授業での学習に加え書籍やインターネットでの情報をまとめ、自分が使用するうえで、どんなスピーカーを望むかという設計方針を立て、まとめた情報をもとに設計条件を考える。これが課題となり、設計条件に見合うような設計を考えていくこととなる。また、生徒の設計によって、スピーカーとしての性能が変化する

ることになることから、1年次に学んだ機能的デザインとは異なる、製品の性能にかかわる工学的デザインの存在に気づかせることができる。

②について

本教材は、作成した設計どおりに製作が可能ないように、いくつかの工夫がなされている。工夫点としては、①木取りによる設計の制限を少なくするために、繊維の方向を気にしなくてもよいMDFボードを使用している、②スピーカーを取り付けるための穴が予め空いている板を用い、製作の難易度を下げかわりに木取りや切断の際の製作における計画の難易度を上げている、③製作時間を短縮し、調査や設計に時間をかけられるように、切断には丸のこ盤を使用し、接合はボンドのみとしている、などが挙げられる。木材加工の基礎的な技能に関しては、1年次にすでに学習しているため、エンクロージャー部の製作において新たな技能の獲得は縮小してもよいと考えられる。

③について

本教材は、評価の方法として、スピーカーの周波数特性の測定を取り入れている。音の測定は、マイクの感度などスピーカーの特性以外の要素でも左右されてしまうため、絶対的な尺度での測定は難しいが、条件をそろえた上での相対的な尺度であれば比較実験が可能のため、生徒個人での評価もできる。

4. MYPテクノロジーの評価について

MYPのカリキュラムでは、生徒に評価規準を伝え、現在の自分の到達度を自らはかることができる工夫が求められる。また、テクノロジーの領域は、デザインサイクルの各プロセスを単独で評価していくため、①デザインサイクルの各プロセスを順に評価することとなる、②単元内ですべてのプロセスを評価することとなる、といった点で、他の領域と比較しても特殊な評価方法であるといえる。

本教科では、これらの特徴との適合を図るため、プロセスシートを導入している。プロセスシートとは、デザインサイクルのプロセスごとに、定められた項目を記述していくものであり、各プロセスにおける自分の学習活動はもちろん、自分がどんなことを考え、どんな過程で結論を導き出したのかを全て記入するように指導している。一般的なレポートと異なるのは、評価者が読みやすいよう論述するのではなく、文章や図などが系列立てて記入されていなくても構わない点である。生徒は疑問に思ったことや気づいた点など、メモとしてシートに記入する。

評価の観点上、必須の記入事項を示すために、各プロセスに入るときには、プロセスシートの記入方法とその例、評価のポイントをまとめ、生徒に伝えている。これにより、生徒が自身の達成度をすることができる。本時の授業で配布したプリントがこれにあたる。