

薄板曲げ木を用いたICT
機器用ホーンスピーカー教材の開発

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-06-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 鄭, 基浩, 加藤, 美波 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00010273

薄板曲げ木を用いた ICT 機器用ホーンスピーカー教材の開発

Development of Front-Loading-Horn Speaker teaching material for ICT device

鄭 基 浩* 加 藤 美 波**

Kiho JUNG and Minami KATO

（平成 28 年 10 月 3 日受理）

With the background of increasing of mobile ICT (Information and Communication Technology) device user in junior high school, Front-Loading-Horn Speaker using thin bending wood was developed in order to improve acoustic quality without any modification of original ICT device, due to its relatively low sound quality by small speaker unit and enclosure. As a view of technological teaching material in junior high school, Front Loading Horn Speaker can attract student's interesting by not only wooden processing but also acoustic technology.

The optimum design of Front-Loading-Horn Speaker was suggested to be introduced as technological teaching material, whose effectiveness was verified from questionnaire before and after lesson by teaching practice.

Consequently, improvement of acoustic quality of ICT device by Front-Loading-Horn Speaker was evaluated with sonic measuring test by equipment result and music listening test by human. Finally, it was concluded as an effective teaching material for attracting interesting of student from the results of questionnaire on the lesson.

Keyword: ICT, Front-Loading-Horn, acoustic technology, teaching material

1. 緒言

2013年に東京都で行われた調査によって携帯電話を保有している中学生の割合は82%にのぼり、その半数以上がスマートフォンを使用していることが警視庁によって報告されている¹²⁾。スマートフォンの急速な普及によってそれらと昨今の中学生との関係はより密接なものとなっており、今後も中学生におけるスマートフォンの保有率は高くなっていくことが予想される。一方、教育現場では、生徒の理解や教育効果を高める補助手段として、映像や音声機能が搭載されている個人向けの携帯用ICT機器の導入が急速に進んでいる^{3,4)}。そこで我々は中学校技術の「材料と加工に関する技術」における木材加工教材として⁵⁾、図1に示すような薄板曲げ木を用いたICT機器用木製ホーンスピーカーを開発した。教材として導入する前段階として、音響特性を考慮した設計条件の究明から中学生

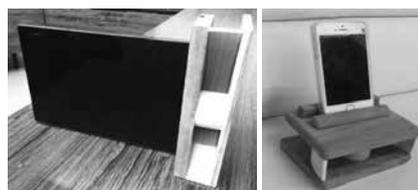


図1. ICT機器用木製ホーンスピーカー

* 技術教育系列

** 技術教育専修

のスキルに合わせた製作条件を設定し、本教材を用いた授業実践を行い授業内での生徒たちの表れや事前・事後アンケートの調査結果の検討・比較を通して、本教材の有効性を検証した。

2. ICT機器用ホーンスピーカー概要

我々はスマートフォンなどのICT機器で音楽を再生するにあたり、搭載されている小さなスピーカーユニットに何らかの装置を加えることで音量と音質の改善ができないかと考えた。

そこで着目したのが、ホーン型スピーカーである。ホーンというのは、図2に示すように、伝統的金管楽器であるホルンから由来し、高周波数を中低周波数レンジに変えることや、拡声器のように音響の指向性を定めることも出来る。ホーンの原理を現代的音響機器に初めて応用したのが蓄音器で、針の高い摩擦音を良質な音楽に変化させるために使われた。現在では様々な高級Hi-Fiスピーカーにも採用されている。

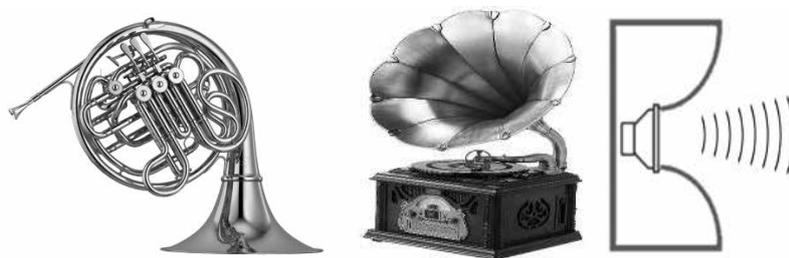


図2. ホーンの原理を利用した楽器及び音響機器

そこでICT機器の音質を改良するために、ICT機器をそのままに取り付けられる音響ホーンに着目した。この音響ホーンの形状を高度加工技術である木材の「曲げ」を用いることによって実現し⁶⁾、フロントロードホーン型のエンクロージャーとしてスピーカーユニットに用いることによって音質を改良できるのではないかと考えた。一般的ICT用機器は、非常に小さいスピーカーが内蔵され、音楽鑑賞が出来る程の音量はあるものの一般的に高音に偏り中低音が殆ど無いため、良い音質とは言い難い。その内蔵スピーカーにホーン型エンクロージャーをつけると高い音質改善効果が期待できる。

3. 設計・製作条件

スピーカーの設計図を図3に示す。本研究では、ホーン形状による音質効果の評価のため、高さ30、50、70mmの3タイプ（図4参照）、丸棒の直径3タイプ（図5参照）、及び丸棒の中心の位置3タイプ（図6参照）の合計9条件を設計・製作パラメータとした。高さ30mm条件で完成したホーンスピーカーを図7に、ICT機器を装着した様子を図8に表す。

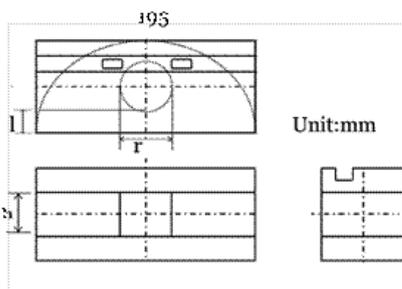
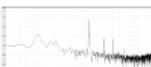


図3. ホーン設計パラメータ

表1. 音響試験用機器及びソフトウェア

音波発生部		音波受信部	
Apple社 iPhone5S		Panasonic社 ノートパソコン	
開発した 木製スピーカー		SHURE社 楽器専用 録音マイク SM57	
音波発生アプリ Oscilltr Free	 発生させた音波(Hz) 40 100 400 630 1000 400 6300 10000 16000	周波数特性 測定ソフト Wave Spectra	

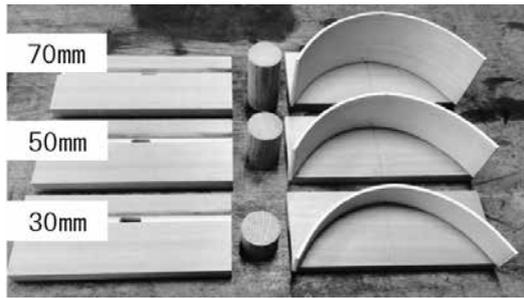


図4. スピーカーの高さ (h=30mm 50mm 70mm)

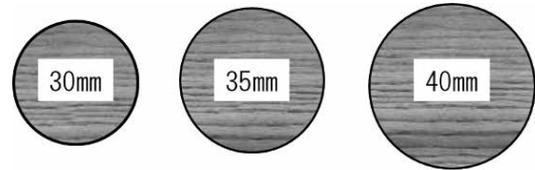


図5. 丸棒直径 (r=30mm 35mm 40mm)

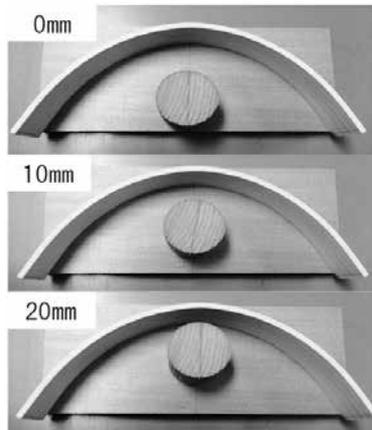


図6. 丸棒の位置 (l=0mm 10mm 20mm)



図7. 開発したICT機器用スピーカー

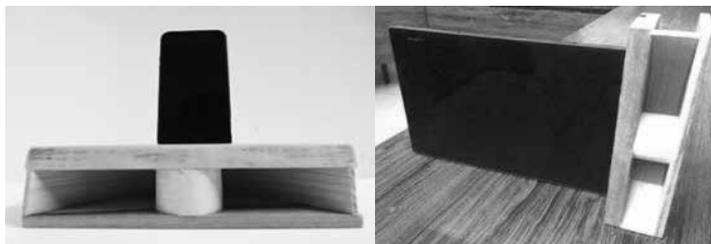


図8. ICT機器の装着様子

4. 音響試験

ホーン型スピーカーによるICT機器の音質改善を検証するために、音響試験を行った。

4.1 測定機による音響試験

測定機による音響試験は、図9に示すように音波受信部から1m離れた場所に試験体を置き、14種類の周波数の音波を順番に発生させ各周波数の音圧レベルを測定する。

図10は試験の実際の様子と概要を表す。試験環境としてYAMAHA防音室アビテックスを選定した^{7,8)}。表1は、音響試験用機器及びソフトウェアを示す⁹⁾。

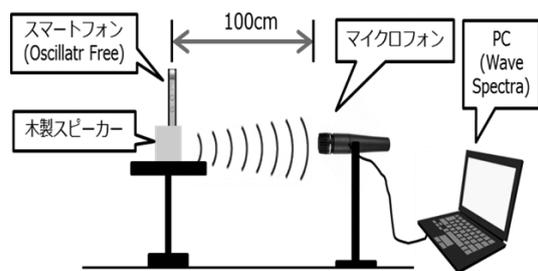


図9. 測定機による音響試験概要

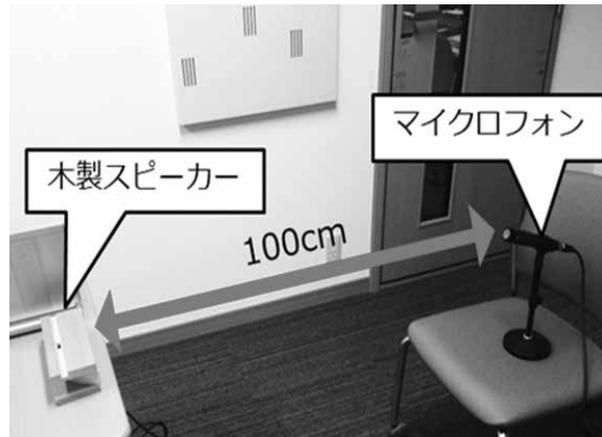


図10. 測定機による音響試験概要の様子

4.2 官能試験

木製ホーンスピーカーを用いた音響効果の検証方法として、人間の主観的感想による、官能評価分析を行った¹⁰⁾。また、官能試験パラメータとしては、ホーンによる音質効果を明らかにするため、ホーンスピーカー有り無しとの2条件を設けた。

官能評価の概要は、5人のパネリストに、図11のようなスピーカーが見えないような設定で行った。今回の官能評価分析では、年齢や性別による分析結果の偏りが発生するのを防ぐために、10代～50代までの男女5人のパネリストに協力を要請した。また、A（木製スピーカーなしの状態）B（木製スピーカーありの状態）順に機器から同じ音楽を再生させパネルに評価シートを記入してもらった。

再生した音楽のパラメータとして、人々にとって機器馴染みのあるピアノ（約30Hz～5000Hz）、バイオリン（約200Hz～4000Hz）、声楽（女性 約200Hz～1200Hz）音楽の中からそれぞれ1曲ずつ選定した。表2は、官能試験に用いた曲名を示す。

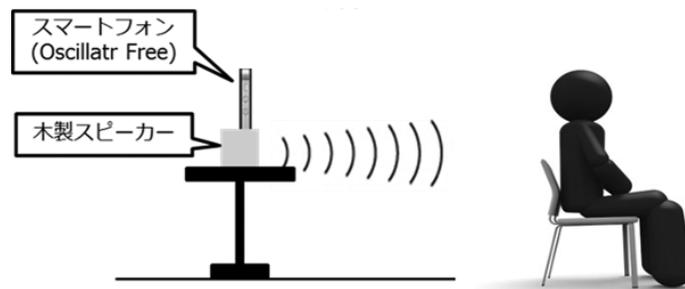


図11. 官能試験の概要

表2. 官能試験用曲

ピ ア ノ	Summer	久石譲
バイオリン	バイオリン協奏曲 二長調 作品61	ベートーヴェン
声 楽	Let it go	松たか子

5. 音響試験結果及び考察

5.1 測定機による音響試験結果

5.1.1 ホーンスピーカーによる音響効果

図12はスピーカーを使用した場合と使用しない場合の音圧レベルの変化を表す。スピーカーの使用により630Hzから6300Hzまでより安定的になるとともに、低音と高音何れにおいても音響レンジの拡大を確認することができた。

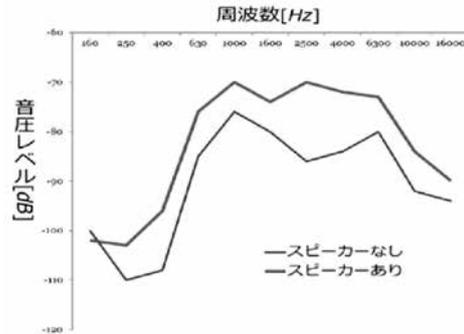


図12. ホーン効果の測定結果

5.1.2 ホーン形状による音響の影響

スピーカーの高さ、丸棒の位置・径の大きさについて音響試験結果は図13～15に表す。

図13は、スピーカーの高さによる可聴周波数帯における音圧の変化を示す。30mmのものが最も音が響いているという結果となった。50mmと70mmのものは30mmのものより全体的に音量が低いが、50mmのものは高周波数領域で、70mmのものは低周波数領域において比較的音が響くという結果となった。

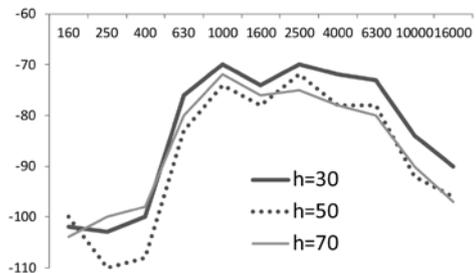


図13. スピーカーの高さによる音響試験結果

図14は、丸棒の直径による可聴周波数帯における音圧変化を示す。30mmのものが低周波数領域において、40mmのものが高周波数領域において音響効果を発揮するという結果になった。

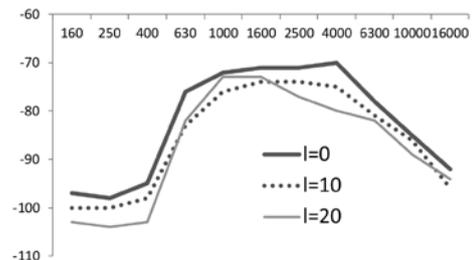


図14. 丸棒の直径による音響試験結果

丸棒の直径が変わることでホーンの広がりや曲率が変わるが、今回の試験により丸棒の直径が小さい、曲率が小さくホーンのカーブが緩やかであるものほど低周波数領域に、丸棒の直径が大きい、曲率が大きくホーンのカーブが急であるものほど高周波数領域の音声が響きやすくなるということが明らかとなった。

図15は、丸棒の位置による可聴周波数帯における音圧変化を示す。 $l=0$ mmのものが最も音響効果があることが明らかとなった。 0 mmのものには劣るものの、 $l=10$ mmのものが低周波数領域において、 $l=20$ mmのものが高周波数領域において音響効果を発揮するという結果になった。

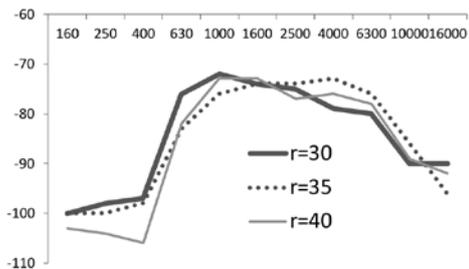


図15. 丸棒の位置による音響試験結果

5.2 官能試験結果

官能試験のアンケート結果は、図16～19に示す。

官能評価の結果より、パネルの5人全員が木製ス

ピーカーによる音量・音質の変化を実感している結果となった。音質についての記述式の質問

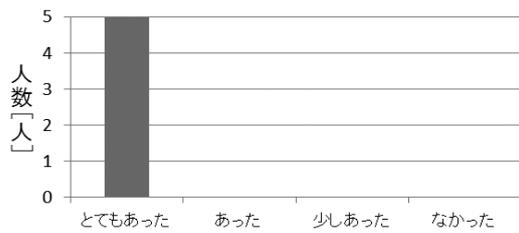


図16. 音量に差はありましたか

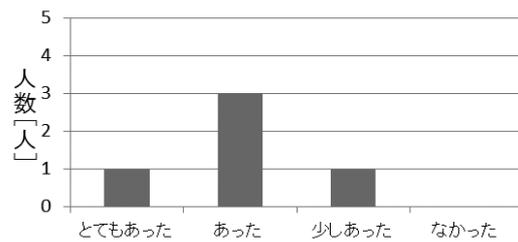


図17. 音質に差はありましたか

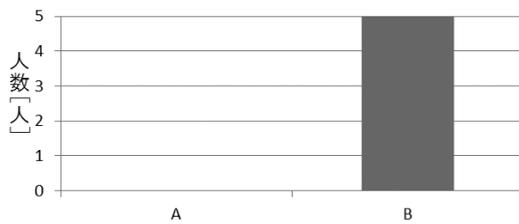


図18. 音質はどちらがいいと思いますか

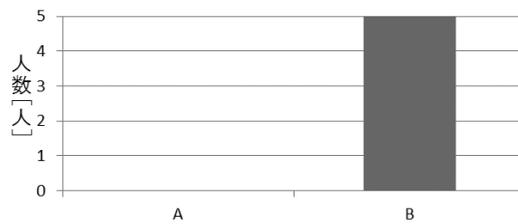


図19. 響きはどちらがいいと思いますか

では「(木製スピーカーの使用により) 聴き易くなった」「音にあたたかみがあった」「響いていた」などの意見が出た。また、音質や音の響きについてパネルの全員がスピーカーを使用したことにより改善されたと回答している。

以上より、薄板曲げ木を用いたICT機器用木製ホーンスピーカー使用による音質の変化を、音響試験により科学的に、官能評価分析により人間の感覚的に検証することができたと言える。

6 授業実践

6.1 授業実践の概要

本教材の有効性を検証するため、静岡市立清水袖師中学校の1年生3クラス(計78人)を対象に、中学校技術の「材料と加工」のガイダンスの役割を担う教材として、総時数12時間でスピーカー製作の授業実践を行った。

6.2 授業の様子

本授業の第3時間目に全クラスが薄板の曲げ加工実習を行った。表3は、曲げ木実習に使用した1クラスあたりの器具・材料表を表す。教師側が用意しておいた薄さ3mmの薄板を実習の約4日前から含水しておき、煮沸用の鍋を用いて加熱する。

両手に軍手をはめ、その上からゴム手袋を装着することで熱湯に触れても火傷を負うのを防ぐことができるが、緊急の事故や火傷に備え、必ず非常用の冷水入りバケツを用意する。

図20は曲げ木実習中の生徒の様子を表す。生徒たちは2人一組になり、曲げを行う生徒と板が割れを起してしまうのを防ぐために板の中心部を塩ビパイプに固定する生徒に分かれて実習を行った。熱湯を用いた

表3. 曲げ木実習に用いた器具及び材料

用いた器具及び材料	個数[1クラス(28人)当たり]
曲げ木用薄板	人数分+予備10枚
軍手	人数分(各自持参)
ゴム手袋	人数分
薄板の煮沸用鍋	1つ
ガスコンロ	1台
ガスポンベ	1本
直径18mm塩化ビニールパイプ	1本
塩ビパイプ固定用ワカ	1つ
非常時冷水入りバケツ	2つ

曲げ木の製作という初めての体験に興味を持ち、安全に配慮しながら仲間と協力し実習に取り組む姿が見られた。

図21は実際に生徒たちが製作した曲げ木である。3クラス78人中65人が割れを起こさずに1回で板を曲げることができた。

失敗してしまった生徒達は薄板が3mmのものよりも若干厚く製材されている材を使用していたことが分かったため、板を3mm以下のものに変え再度曲げを行うと全員が成功できた。

図22は、曲げ木実習後の生徒の授業レポートを表す。生徒が木の特性を学習し意欲的にスピーカー製作に取り組んでいる様子が分かる。

図23は、曲げ木を用いたホーンがスピーカーの生徒作品を示す。ゲーム機器（任天堂DS）やスマートホンなど様々なICT機器に合わせ、自ら工夫・設計した作品であるため、独創性が非常に高いことが分かる。

6.3 アンケート調査

6.3.1 アンケート調査の概要

薄板曲げ木を用いたICT機器用木製ホーンスピーカー教材の有効性を調査するために、授業の受講者である静岡市立清水袖師中学校1年生78名を対象にアンケート調査を行った。アンケート調査の概要は以下のとおりである。

●実施日時

授業実施前（4月下旬）と授業実施後（7月下旬）2回に分けて行い、同質問に対する回答を比較する。

●調査項目

- A) 知識面・授業を通し、木材の特性（熱加工により祖先変形が可能であることや木材の繊維方向についてなど）や工具についての理解・音響ホーンについての理解を深められるか^{11,12)}。
- B) 技能面・木工に関する、身につけるべき技能が習得できたという実感が得られるか。
- C) 創造面・創意工夫を凝らし自分の使用目的にあった設計・製作ができるか。
- D) 意欲面・生徒が意欲的に取り組めるものであるか。



図20. 曲げ木実習の様子

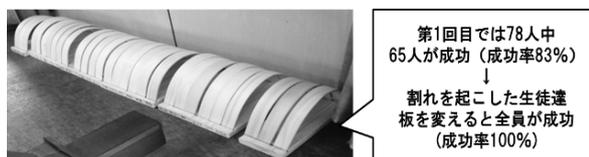


図21. 製作した曲げ木

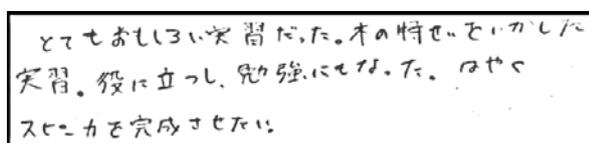


図22. 曲げ木実習を行った生徒の感想



図23. 完成作品の例

6.3.2 アンケート調査結果

図24に示すように、木材の繊維方向による強度の差についての理解を選択式で問うた項目Q「板を曲げるとき、どちらの向きのほうが木材が折れやすいと思いますか。」に関しては、事前アンケートでは全体の生徒の56%が正しい記号を選択したものの、なぜその向きが折れやすいのか正しい理由を説明できる生徒はそのうちの9%のみであり、生徒たちが憶測で①を回答していたのに対し、事後アンケートでは、曲げ木実習による実感的な体験活動により正答数が増加し、そのうちほとんどの生徒が正しい理由を説明できるようになるという結果となった。

図25に示すように、技能面に関するアンケートでは、Q「のこぎりを正しい姿勢でまっすぐに切断することができましたか」Q「きりの正しい使い方を身につけることができましたか」の2項目を用意した。生徒の技能の上達についてアンケート調査だけで判断するのは困難であるため、実際に技能が上達しているかについては教員の机間巡視により判断し、アンケート調査では生徒が技能の上達を自分自身で実感できたかを質問した。なお、この質問は事後アンケートのみに設けた。

結果は9割以上がのこぎりを正しく使用できたと実感していることが分かった。きりについても同様に多くの生徒が自信を持って回答している。授業実践前にきりの使い方について生徒に尋ねると、「げんのうで打ち付ける」「上下に何度も振り下ろして穴を開ける」など誤った認識をしている生徒もいたが、授業後に同じ質問をするとほとんどの生徒が正しい使用方法を述べるようになっていた。

図26に示すように、Q「薄板を曲げた感想であてはまるもの全てに丸を付けてください。(複数回答可) または自由に記述してください (楽しかった・面白かった・びっくりした・つまらなかった・楽に曲がった・難しかった・簡単だった)」に関しては、選ばれた項目の中で「楽しかった」が最も多く、次いで「面白かった」「びっくりした」が24票であった。

問. 板を曲げるとき、どちらの向きのほうが木材が折れやすいと思いますか。番号を口に入れてください。

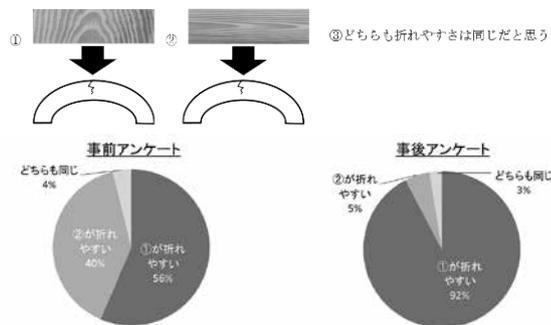


図24. 木材の材質 (知識)

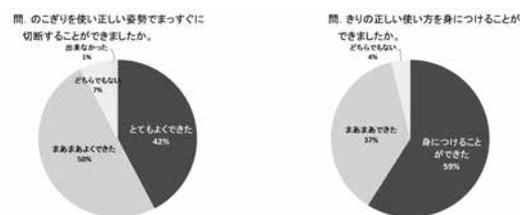


図25. のこぎりときりの使い方 (機能)

問. 薄板を曲げた感想であてはまるもの全てに丸を付けてください。または自由に記述してください。
楽しかった・面白かった・びっくりした・つまらなかった・難しかった・簡単だった

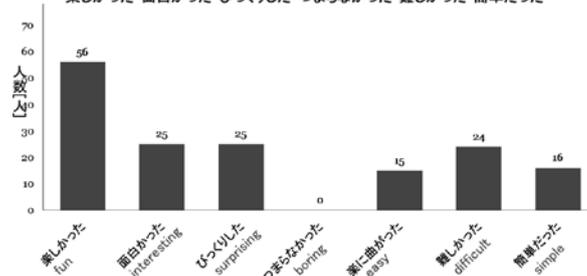


図26. 薄板曲げ木製作の感想

一方「難しかった」を選んでいる生徒は24人（全体のおよそ30%）であり、我々は「難しかった」と「楽しかった」「面白かった」などの肯定的な感想を同時に選択している生徒が非常に多かった点に着目した。「安易にできるからやる、安易に出来るから楽しい」ではなく、「難しさを踏まえたうえで挑戦してみる」「難しいけどその楽しさが分かる」といった、魅力的な授業、教材の要素の一つである性質を有しているということを示唆した。

図27に示すように、本授業に対する生徒の意欲を検証するための設問Q「曲げ木を用いて、スピーカー以外のものを作ってみたいと思いますか」では、生徒の76%が製作への意思を示す結果となった。

自由記述Q「例えばどんなものを作ってみたいか」では、小物入れやお弁当箱と答える生徒が多数であったが、座椅子、メガネのフレーム、お椀、お風呂の桶など身近な生活の中にある「曲線」を、曲げ木で再現したいという生徒の姿も見受けられた。

Q「スピーカー製作の時間は、時間が経つのが速いと感じましたか」は、「その作業に熱中し取り組んでいる」＝「その作業中時間が経つのが速く感じる」という標的行動を問うた質問である。9割近くの生徒が時間の経過を実感しており、授業レポートには以下に示すような記述も見られた。生徒が製作を楽しみながら、作業に熱中できていた様子が記されている。

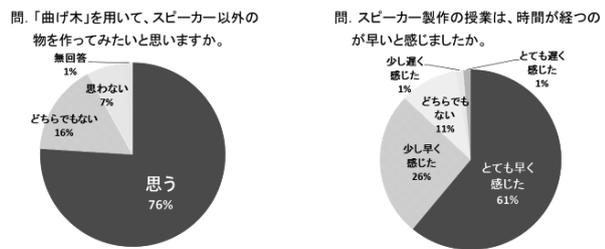


図27. 生徒の意欲及び集中度

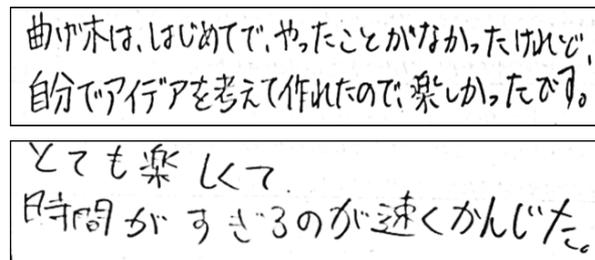


図28. 生徒の記述例

以上のアンケート結果より、本教材は生徒の製作意欲を惹きつけ、各々の使用目的に合わせて創意工夫しながら設計・製作の出来る教材であることを示唆し、中学校技術の「A 材料と加工」の木材加工分野におけるガイダンス的な役割を担う教材としての高い有効性を示した。

7. 結論

本研究では薄板曲げ木を用いたICT機器用木製ホーンスピーカー教材の開発を行い、授業実践により教材としての有効性の検証を行った。その結果、以下の結論に至った。

- 楽器用録音マイクを用いた音響試験により本スピーカーを用いることによる音響効果を検証した結果、周波数帯が広域に広がり、音質の改善を実証することができた。
- スピーカーの高さ、丸棒の直径、丸棒の位置を試験パラメータとして行った最適設計条件究明のために音響試験を行った結果、スピーカーの高さでは30mmのもの、スピーカーの位置では1=0mmのものが最も高い音響効果を示し、丸棒直径では30mmのものが低周波数領域において、35mmのものが高周波数領域において高い音響効果を示す結果となった。
- 音響官能評価分析により、本スピーカーを用いることによる音質の改善を検証した結果、

パネルの5人全員が木製スピーカーによる音量・音質の変化を実感し、音質や音の響きについてスピーカーを使用したことにより改善されたとの回答を得た。

- 中学校における授業実践を実際に行い、授業中の生徒の表れや事前・事後アンケートの結果から、知識や機能を向上させる共に、本教材へ高い意欲が明らかとなり、中学校技術の「A 材料と加工」の木材加工分野における教材としての高い有効性を示した。

参考文献

- 1) 文部科学省 平成27年 全国学力・学習状況調査結果「中学3年生における携帯電話・スマートフォン所持率」、2015
- 2) 総務省 平成25年 主な情報通信機器の普及状況（世帯）
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h25/html/nc243110.html>、（観覧日：2016）
- 3) 文部科学省 平成23年 教育の情報化ビジョン、2011
- 4) 内閣府 平成25年 「第2期教育振興基本計画」
- 5) 文部科学省 中学校学習指導要領解説 技術・家庭編、48頁、教育図書 2008
- 6) Kiho JUNG, Yusuke SUZUKI, Takahiro SHIRAI, Susumu KOMAMURA, Minami KATO: Development of Teaching material using thin bending wood, International Conference on Industrial Technology Education for Sustainable Development (ICITE for SD-2015), pp51, 2015
- 7) YAMAHA 株式会社「ヤマハの防音室とは」
<http://jp.yamaha.com/products/soundproofing/about-avitecs/>、（観覧日：2016）
- 8) YAMAHA 株式会社「技術について」
<http://jp.yamaha.com/products/soundproofing/about-avitecs/technology/>、（観覧日：2016）
- 9) シュア・ジャパン株式会社「SM57楽器用マイクロホン」
<http://www.shure.co.jp/ja/products/microphones/sm57/>、（観覧日：2016）
- 10) 日本工業規格 JIS Z 8144:2004 官能評価分析 <http://kikakurui.com/z8/Z8144-2004-01.html>、（観覧日：2016）
- 11) 小澤普照, 岩本恵三 “木と木材がわかる本” 日本実業出版社 2008
- 12) 山下晃功, 他5名 “技術研究選書 木材の性質と加工” 開隆堂 2011