

# レーザー加工機のデザイン開発への活用 -オーディオ・デザインの提案- その2

益岡 了<sup>\*1</sup> 中原 嘉之<sup>\*2</sup> 谷本 尚子<sup>\*3</sup> 川合 康央<sup>\*4</sup>

## Design development with laser cutting machine -Application to audio design -

Ryo Masuoka<sup>\*1</sup>, Nakahara Yoshiyuki<sup>\*2</sup>, Naoko Tanimoto<sup>\*2</sup> and Yasuo Kawai<sup>\*4</sup>

**Abstract** - We focused on the design activities of Fab Lab. Fab Lab have introduced automatic machine tools, such as advanced laser cutting machine and 3D printer. However, their machines have restrictions on the workpiece, machining performance, and problems in application to the design. We have utilized their machining for audio product-design and examined the use of design development.

Enclosure of the speaker system is mostly cuboid; it's excellent productivity, but this structure tends to generate standing waves. And from acoustic sound's viewpoint, standing wave is a problem element. Therefore, we designed non-cuboid enclosure what can solve that problem. We designed a digital audio system for PC. Amplifier Equipment is the same shape as the speaker system, and integrated with a DAC for PC. Amplifier board, Circuit board of the low-pass filter, jig for Enclosures and housing of the audio equipment were made with laser cutting machine. We confirmed the validity of acoustic with non-cuboid enclosure, effectiveness of figurative and the convenience of laser cutting machine in audio design. And we recommend the use of laser cutting machine to the audio design development.

**Keywords:** Audio Design, Laser Cutting Machine, Design Education, Modeling Technology

### はじめに

デザインの基礎造形教育の中心は「手工」である。手工とは現在の小学校科目である「図画工作」、あるいは中学校の「技術」に相当する旧教科名にも用いられた分野であり、機械工作を伴わない手先を用いた工作を示す。

最初の手工教育はフィンランド（当時のロシアのフィンランド自治政府）において開発された<sup>[1]</sup>。これは国民教育（民族教育）として「手先の器用」に着目すると同時に、木工を中心とした作業に加え、日常下の有用性に留意した採点、製図や測定法などの学習を行っており、総合的なデザイン教育の萌芽としても評価できる。

この背景として 19 世紀に当地への産業革命の影響が大きくなり、伝統的な手作りの日用品が大量生産された工業製品に代わられ、地域毎の世代間で受け継がれてきたものづくりの基礎技術や、それに伴う教育的な機能の急速な退化があった。手工教育は単なる生産技術教育ではなく、人格形成上の意義を重視という側面が指摘されている。実際、この手工教育はフィンランドから北欧、北ヨーロッパに伝えられ、普通教育の一環として位置づけられた。我が国においても 1890 年の東京高等師範学校

の「手工科」設置に至った<sup>[2]</sup>。

このような手工教育は現在の図画工作と比較して、より立体的な演習を重視しており、同時に様々な作品の制作を通じて、経済的価値や表現技術よりも、正確な造形力の基礎となる手先の器用さの涵養が求められた<sup>[3]</sup>。

一方でデザイン教育にもパーソナルコンピュータを中心としたデザイン環境下の学習が、広く採用される様になった。特に近年ではファブラボ構想に範を得た様々な造形工房整備が進み、3D プリンタやレーザー加工機、3D スキャナーなどの多様な工作機械の導入は、デザイン系教育機関以外でも盛んである<sup>[4]</sup>。



図1 岡山県立大学 アトリエ棟外観

Fig.1 Atelier Building in Okayama Prefectural University.

\*1.2: 岡山県立大学 デザイン学部

\*3: 京都市立芸術大学 美術学部

\*4: 文教大学 情報学部

\*1.2: Faculty of Design, Okayama Prefectural University

\*3: Faculty of Art, Kyoto City University of Arts

\*4: Faculty of Info. & Comm., Bunkyo University



図2 レーザー切断機の設置状況  
Fig.2 Laser Cutting Machine.



図3 動作するキャラクターデザイン課題  
Fig.3 Design Exercises of Moving Robot Character.

しかしながら我が国において近代的な産業導入時期に用いられた手工教育的の実践は普通教育中では後退しており、デザイン教育分野においてもより多角的な教育への志向もあって、手工的な基礎造形教育への時間的・予算的な配慮が難しくなりつつある。

我々は手工的な教育の実践として様々なデザインプログラムを実施し、その成果を確認しているが一般的には手工的な教育効果の大きな学生の方が、よりデジタル的な課題にも良く対応出来ることが認められ<sup>[5]</sup>、手工的なアプローチと PC を用いた（特に切削加工を伴う）造形技能教育との融合発展が求められる状況が想像できる<sup>[6]</sup>。

そこで旧来の基礎造形教育から、機械加工、特にファブラボなどで積極的に導入が進みつつあるレーザー加工機を使用した自動機械加工へ円滑な移行に留意し、総合的なデザイン教育を目指した授業カリキュラム：課題計画を立案・実施した。ここでは、その実習中で開発されたデジタルオーディオ機器のデザインについて採り上げる。

#### 岡山県立大学デザイン工学科の取り組み

岡山県立大学は、岡山県立大学デザイン学部では、そのデザイン教育の中核的な施設としてアトリエ棟（鉄筋コンクリート構造、2 階建、延べ床面積：約 2,750 平米\*

図1 参照）を整備、運用している。アトリエ棟には木材工房、金属工房、プラスチック工房などの各種素材の加工室を備えており、レーザー加工機は溶接室に設置されている（換気のために、外部と直接面する室内への設置が求められ、また動作のエアーコンプレッサーや排気フィルターなども併設\*図2 参照）。

現在使用中のレーザー切断機は平成 23 年に導入された（株）飯田工業製「レーザマチック L-907PC」である。60W の空冷式 CO2 レーザー発信器を備え、ワークサイズは 1000×600×150mm であり、これは（株）大阪富士工業製 CO2 レーザ加工機（100W）の更新機材である。

新機種への更新の結果、操作端末を WindowsXP 搭載機へ変更可能となり（以前は Windows95）、この結果対応するアプリケーション（Adobe 社製イラストレーター等）も比較的新しいバージョンへの更新が図られた。また加工解像度が増加するとともに、加工速度の大幅な増大も実現した。

造形教育で通常用いられる工作機械は、刃物や切削器具であり、直接的な切断、切削加工を行うが、レーザー加工機では、比較的強力なレーザー光を用いて、彫刻、切断、穴あけ、マーキング等を行う。加工する素材と直接、接触する部分が無いために、消耗部品が少なく、加工時の素材の変形が少なく、加工精度を高められる利点がある。

また作動時の危険性が一般的な工作機械よりも小さく、安全性の観点から、学生の教育向け利用は行い易い。不可視レーザー光を使ったレーザー加工機の場合には不注意による使用者の失明の恐れが大きいが、本学が導入したレーザー加工機は透明のカバーが加工エリアを覆う構造で、カバーが開いた状態では動作しないために、その危険性は少ない<sup>[7]</sup>。

一方で加工する素材によっては、発火や有毒ガスの発生も予想できる。一部のレーザー加工機には、加工時の異常発熱、発火を感知するセンサーアラームを備えているが、本学の導入機はその様なセンサーアラームが未装備のために、塩化ビニール等の有毒ガス発生素材や、発火の可能性の高い紙素材等の加工を禁止する措置を採っている。それらの対応さえ十分であれば、事故の可能性が低く、切削器具の摩耗も無く、導入費用が高くとも、ランニングコストの少ない工作機械と認識できる。

以上の利点を考慮しつつ、平面的な発想やデザイン技術から、より立体的なデザイン発想や機構的な理解への遷移を意識した課題設定を情報デザイン実習課題として採用し、そのデザイン教育上の成果について報告を行った<sup>[8]</sup>。

ここではタミヤ社製ロボクラフトシリーズの動物系のキットを制作し、その動作機構を転用した新たな動作するキャラクターのデザインとその動作実証モデルの制作を紹介した（図3 参照）。この制作にはキット中に使用



図4 曲げ木用治具の概略  
Fig.4 Image of Jig for Bentwood.

される部材の役割やサイズ，強度等への理解が必須であり，同時に動作した場合の造形的な親しみ易さ等の検討や様々な動物を範とした作動するキャラクターの実現技術が必須となる。

その結果，素材や形状の変更による動的な部品の強度の変化によって，元の動作状況とは，やや印象が異なる成果物が提出された．造形的には元のキットが機械的な印象が強い事に比べて，優しくバランスの良い外見を備えたキャラクター提案が大半であった。

このカリキュラム実践によって，レーザー加工機は3D-CADと比べて，一般的には習熟度の高い2D-CADを用いてデータ作成が可能であり，その加工も平面加工が中心となる．その結果，履修生は立体的な造形と平面的な構成の中間的なデザイン的思考を実践する事となり，基礎的な立体造形アプローチとしても有効に機能する事が伺えた。

総合的にはUXデザインアプローチが求められるキャラクターデザイン開発の教育の手段として，レーザー加工機を用いたデザイン学習の有効性が判断できた。

## レーザー加工機のデザイン開発

### 3.1 曲げ木加工を使ったオーディオ筐体開発

市販されている大半のスピーカシステムに採用されているダイナミック型スピーカユニットは，1924年にGE社のチェスターW.ライスとエドワードW.ケログによって発明された．組み合わせられるエンクロージャー（スピーカユニットを取り付ける箱）は，バスレフ形式が過半である．またその形状は直方体が大半である．

しかしながら直方体のエンクロージャーは構造上定在波の発生を避けられず，音響的な問題を指摘される場合が多い．つまり筐体の多くは音響的な配慮よりも生産性を優先させてデザインされたと推察出来る．またスピーカの特性以上に小容量のエンクロージャーの採用が目立ち（その結果様々な音質上のデメリットが発生し易い），



図5 オーディオ・デザインのプロトタイプ  
Fig.5 Prototype of Audio Design.

設置上の便益が音響機能よりも優先された事態が想定される。

そこでエンクロージャーの部材として曲げ木を採用し，定在波の発生を抑制し，スピーカユニットの特性に合致する十分な容量を満たす造形を考慮したスピーカシステムを中核とするのオーディオデザイン開発・プロタイプ制作を行った。

### 3.2 曲げ木加工のためのジグ制作と加工

造形的な可能性を探るために容量6.5lのエンクロージャーの様々な試作を行い，その試作品をフラットベッド式スキャナーで読み込み<sup>[9]</sup>，その画像を元に治具製作用のアウトラインデータを作成し，レーザー加工機でMDF材を切断，曲げ木加工のための治具を制作した（図4参照）．同様の治具制作は従来，糸鋸盤などを用いて同一の二次曲線の切断を要したが，レーザー加工機を用いることで同じ形状の切断が著しく軽便に治具の制作が可能となった。

この治具を用いて一組のスピーカシステムとPC用のUSB-DACとアンプが一体化したアンプ部の筐体を作した．通常曲げ木加工では機械式のプレス機などが用いられるが，ここではより柔軟性のある圧着手段として合成繊維のロープを用いて治具固定を行った．

### 3.3 スピーカシステムの構成

曲げ木加工したエンクロージャーの背面部を組み合わせる側板部もレーザー加工機で切断し，それらを接着しエンクロージャーの後部を作成した．前部のバッフル板は平面構造であるが，異なる素材のハイブリッド構造を採用し音響的な工夫と同時に，一部の素材の切断，治具の制作にレーザー加工機を用いて制作の効率化を図った（図5参照）．

ハイブリッド構造の採用によって，スピーカユニット後方の空気振動を効果的に前方と遮断した．また曲げ木を用いた非直方体形状のエンクロージャーによって定在波の発生を抑制し，バスレフポートを用いてユニット背面から発生した低音の増強，小型スピーカユニット



の課題である低音部の不足を補う構成を採った。なおバスレフポートの設計については、スピーカーユニットメーカーの推奨値を参考にした（推奨エンクロージャー容量に近い）。  
3.4 アンプ部の構成

増幅回路に National Semiconductor 社製の LM386 を採用した。LM386 は低電圧向けのオーディオ・パワーアンプ用の IC として設計されており、比較的少数の外付け部品で増幅回路の構成が可能である。また多くのパワーアンプの実例報告があり、それらの知見の応用も期待出来た。実際の回路制作にあたっては開発メーカーのアプリケーションシート内の回路図を参考に、回路設計をおこなった。

回路基板試作にはユニバーサル基板やプリント基板が良く用いられるが、レーザー加工機の可能性の検討のために、MDF 材を加工した専用回路の制作も行った。この加工データの制作のために回路部品の寸法採取や部品配置の詳細などが必要だが、部品配置の検討からデータ作成まで Adobe 社製 Illustrator を用いた。その結果レーザー加工機を用いた基板試作の可能性も確認出来た。

またアンプ部の筐体内に PC 用 DAC を内蔵し、機能を一体化した。これは現在のパーソナルなオーディオ環境の中核に PC が位置すると推察され、従来のレコード、ラジオ、テレビといった音源別の切り替え装置を準備するよりも、PC 向けの入力装置に集約する事で、機器の集約と合理化を図った。

PC 用の USB-DAC ユニットとして専用ソフトウェアのインストール作業を要さない Texas Instruments 社製（旧 Burr-Brown 社）PCM2704 を採ったが、これは表面実装用に設計されたため一般的なリード部品同様の基板制作は困難である。そこで USB-DAC ユニットのみに秋月電子通商製の組み立てキット（AKI.DAC-U2704 REV.C）を用いた。

## まとめ

オーディオ・デザイン開発を通じて、曲げ木を使った筐体制作による音響的に優れた効果と造形的な可能性が確認出来た。曲げ木工作には治具の設計・試作・制作が必要だが、PC と連動したレーザー加工機によって大幅な作業効率の向上が可能となった。現状では圧着等に課題が残るが、試作用途など比較的少数の生産に限定すれば、様々な便益が推察出来る。

自動工作機械のデザインへの応用は、その効率から一見有効にも思えるが、基本的な造形理解は視覚だけに限定する事は出来ず、繊細な触覚的な理解・配慮も望まれる。特に安価な 3D プリンタでは、作業速度の不十分とともに精密な造形力の不足が指摘され、より総合的な造形能力の涵養が望まれる。

ここでは産業革命の進展時に見られた手工教育との関連から、レーザー加工機の手工を伴う造形でデザインへの活用とオーディオ・デザイン開発の可能性を検証した。

## 参考文献

- [1] 本多雄伸：ウノ・シュグネウスと手工教育；教育学雑誌 第 40 号（2005）
- [2] 宮崎，平田：手工科及び作業科中等教員の養成について；山口大学教育学部研究論叢 第 3 部，芸術・体育・教育・心理 54 巻 3 号（2004）
- [3] 表現技術に対する精密な加工技術の優越については当時のロシアの造形教育法「ロシアシステム」との関連も予想出来る。谷本尚子：構成主義と構成教育；日本デザイン学会第 61 回春季研究発表大会概要集（2014）
- [4] Web Designing2014/4 号（特集 Fab スターターズガイドブック マイナビ刊），実践 Fab プロジェクトノート（グラフィック社刊 2013）等
- [5] 益岡 了他：岡山県立大学における情報デザイン教育の実践；日本デザイン学会研究発表大会概要集 pp322-323（2009），益岡 了他：岡山県立大学における報デザイン教育の実践 Part 02；日本デザイン学会研究発表大会概要集 pp292-293（2011）
- [6] 上野 志歩他：他大学生の刃物に対する意識とその使い方に関する研究 空間デザイン学科一年生を対象としたカッターナイフとはさみの使用実験の分析と考察；日本デザイン学会研究発表大会概要集 pp234-235（2016），益岡 了他：刃物を使った基礎的な造形デザイン教育 茶杓をつくる；日本デザイン学会研究発表大会概要集 pp90-91（2017）
- [7] J I S [レーザー製品の放射安全基準，C 6802 J のクラス 1 レーザ装置] に該当
- [8] 益岡，尾崎，他：レーザー加工機を用いたデザイン教育の実践 -2013 年度の取り組み-；日本デザイン学会第四支部研究発表会概要集（2014）
- [9] 曲げ木加工の場合には二次元曲面加工を前提とするので，作動に時間を要し操作の難しい 3D スキャナーを用いなかった

## 謝辞

本報告の作成にあたり，曲げ木加工方法・各種工作設備については岡山県立大学デザイン学部三原哲平准教授に，音響機器の設計については大阪工業大学緒方誠人非常勤講師に多くの示唆を頂きました。ここに感謝の意を表します。