熊鈴製作を通した物づくり教育

—有明高専専攻科基礎設計特別演習での実践報告—

Engineering Education through Manufacturing Bear Bells

~~~A Report on Practical Activities of Advanced Exercise for Design Fundamentals
in Advance Engineering Course of Our College~~~

○正 川崎義則 (有明高専) 正 木下正作 (有明高専)

Yoshinori KAWASAKI, Ariake Nat. Col. of Tech., 150 Higashihagio-machi, Ohmuta, Fukuoka
Shosaku KINOSHITA, Ariake Nat. Col. of Tech.

In our laboratory, problem based learning type studies have been carried out as graduation research programs for several years. They are developments of equipments for environment and welfare.

This report is concerned with the practical activities about manufacturing bear bells as one of these problem based learning programs. This program was carried out by the advanced engineering course students in the advance exercise for design fundamentals. Through manufacturing bear bells, our students understood that manufacturing design, considering of working process, and use of effective working jigs took very important role in manufacturing. In engineering (manufacturing) education at colleges, necessity of some practical design exercise related to manufacturing design and designing working jigs etc. are emphasized here.

Key Words: Manufacturing Education, Engineering Education,

1. はじめに

一昨年の夏、ヒューマンネットワーク高専(HNK)¹⁾の仲間とキャンプ・登山をした際、新潟の友人が腰につけた妙高熊鈴、その形と音色の美しさに魅了されたのが、ことの始まりである。

帰校後、専攻科生に「作ってみたいか？」との私共の呼びかけに強い興味を示し「はい」と即答した学生に、「ただし鋳造以外の方法で」と製作方法に制限を課した。これは、本校に鋳造設備がないことの他に、物作りには適当な制限を設けることが創意工夫の発達の引き金になるとの考えからである。²⁾

本報告は、このような経緯で、専攻科の基礎設計特別演習の一課題として行った熊鈴製作を通した物づくり工学教育の実践報告である。この実践を通して、学生は、正しい物づくりを進めるためには治具・取り付け具の工夫が必要不可欠であること、そして製作のことを考えた生産設計の重要性を学ぶことができたであろう。

2. 基礎設計特別演習

専攻科1年生カリキュラム、後期2単位、15回。前半で、生産設計全般のゼミ(4回)、穴あけ治具の設計演習(2回)を経て、後半熊鈴の製作(9回)を行った。

2.1 生産設計ゼミ

工業製品の開発においては、製品設計と生産設計に大別できる。高専・大学の設計教育においては、具体的な例で設計演習を行うとはいうものの、すべて前者、製品設計を学ぶことになる。したがって、製作が容易で、品質の安定を保證した、安価な物づくりを意味する生産設計は、企業に入ってからということになる。しかしながら、物づくりを学ぶには、この生産設計を抜きにしては意味がないと考え、今回、本校専攻科の授業に、生産設計を導入した。

まず、第一ステップとして、生産設計の基礎事項³⁾を習得することが賢明であるとの考えから、ゼミ形式で学ぶことにした。生産設計の要点を、鋳造、鍛造、塑性加工、溶接、機械加工、熱処理、および組み立てについて学んだ。

2.2 治具設計演習

物づくりを支えるもうひとつの技術がある。それは、治具・工具・取り付け具であり、残念ながら、これも学校ではほとんど学ぶことはないのが現状である。

そこで、簡単な機械部品(鋳物部品を選定)を例に、加工工程を考えさせ、各加工工程で、工作物の取り付け取り外しが簡単で、かつ確実に製作できる治具の設計を課した。Fig.1, Fig.2に、鋳物製素材および完成品の図面をそれぞれ示す。旋盤治具と穴あけ治具が必要となった。この演習を通して、学生は、部品加工を行う際、自然と加工手順(工程)を考えることができるようになったと思われる。これが、物づくりの第二ステップである。Fig.4~Fig.6に、加工工程、および加工治具の例を示す。

ただし、ここでは、加工工程および治具の設計のみで、実際の機械加工の実践までは行わなかった。実加工演習は来年度以降の課題であり、また、ここで得られた治具に関する成果は、次年度の効果的なテキストとして利用できる。

Fig.1 Cast material

Fig.2 Manufacture drawing

Fig.3 Cast material

Fig.5 The 2nd process

Fig.6 The 3rd process

3. 熊鈴のこと

以上、第一、第二ステップの準備を行ったうえで、学生をメインテーマである熊鈴づくりへ導入した。

Fig.7 Original bear bell

- Fig.4 The 1st process
- ・①側端面を2[mm]旋削する。
  - ・①側の内径を $\phi 34$ [mm]に旋削する。

第二工程

- ・穴あけ治具を用いて、②部の7キリ4ヶ所を加工する。

第三工程

- ・穴あけした7キリ穴を利用して、M6 ボルト・ナットで治具を固定。(第二工程の穴あけ治具を兼用して旋削治具として使用する。)
- ・③側端面を2[mm]旋削する。
- ・③側の内径を $\phi 34$ [mm]に旋削する。

Fig.7に示すような黄銅製の熊鈴が対象である。妙高原のお土産店で販売されているこの熊鈴は、真鍮製で重さ約150[g]である。妙高高原町に在住の友人から1個提供いただいた物を学生に与えた。専攻科生5名を2名(A班)と3名(B班)に班分けした。

課題は、つぎの通りである。「鑄造以外の加工法でこれと同じ形状で、音色もできるだけ近いものを製作しなさい。材質は黄銅とする。工作機械は、本校に既設のものに限る。ただし、必ず、完成させること」。

塑性加工も、加工法の一つとして導入して欲しいという我々の狙いもあったが、結果的には、A、B両班とも、旋盤加工を採用することになった。ただし、学生も班としての自己主張が強く、A班はNC旋盤での自動加工、B班は汎用旋盤での総形バイトによる手作業による加工と、それぞれ異なった加工法での製作となったことは、興味深い結果となった。

以下に、それぞれの班での製作内容を、彼らのレポートに従って示していきたい。

3.1 A班 (NC旋盤による製作)

- 1) 製作図: A班は、オリジナル熊鈴を忠実に再製作する考えに基づいている。従って、Fig.8は熊鈴のスケッチ図であり、製作図でもある。

Fig.8 Manufacture drawing of bear bell (Team A)
(The original bear bell)

- 2) 使用工作機械、工具など

・使用工作機械

- ・滝沢実習教育用CNC旋盤: MODEL TSL360CNC
- ・日立精機NCフライス盤: NCMV-72
- ・日立工機ロータリーバンドソー: CB22FA
- ・吉田卓上ボール盤: YBD-360

・使用刃具

- ・内径切削用ボーリングバー: (京セラ) SCLPR1210B-08
- ・ボーリングバー用チップ: (京セラ) CPMH090308
- ・外径用右片刃バイトホルダー:
- ・外径用右片刃バイトホルダー (東芝タングロイ) DNMG150404-22
- ・ツイストドリル: 20[mm], 10.5[mm], 5.2[mm], 2.3[mm]
- ・M3 ハンドタップ

・測定具

- ・150[mm]標準ノギス
- ・150[mm]デプス

- 3) 加工工程と考案した治具など

①熊鈴本体加工

Fig.9 The 1st process

- ・外径捨て削り

Fig.10 The 2nd process

- ・20キリ穴加工

Fig.11 The 3rd process
・内径仕上げ削り

Fig.12 The 4th process
・外径仕上げ削り

Fig.13 The 5th process
・5 キリ下げ穴加工

Fig.14 The 6th process
・玉取り付け金具用
M3 ねじ加工

②鈴玉加工

Fig.15 The 1st process
・鈴玉外径加工

Fig.16 The 2nd process
・3[mm]溝入れ加工

Fig.17 The 3rd process
・M3 ねじ下穴加工及び M3 ねじ加工

③鈴玉取り付け金具

Fig.18 The 1st process
・外径及び M3 ねじ加工

Fig.19 The 2nd process
・3[mm]溝加工

Fig.20 The 3rd process
・2.5 キリ及び M2 下穴加工

Fig.21 The 4th process
・M2 ねじ加工

4) 完成品した A 班の熊鈴を Fig. 22 に示す。

5) 感想：前川良平君のレポートより

ここで学んだことは、ある物を作るときにいろいろな方法があることが分かったこと。今回作った熊鈴は、鑄造による方法が一般的だが、別の方法でも加工はできる。我々は切削加工で熊鈴を製作したが、この加工では、時間・コストがかかりよい方法でないかもしれないが、オリジナルと同じ形状に切削加工で作れることは分かった。同時に、

Fig.22 Bear bell manufactured by Team A

熊鈴を作るうえで、加工手順を考えること、その加工を行うために治具を考案しなければならないことを知った。これまでは、完成図面を実習工場に出し、加工してもらって完成品を見るのみであったので、加工手順などを考えることなどなかった。今回、この授業で、いい経験ができた。

また、私は NC プログラム作成を担当したが、各工程での切削条件などを考え、試行錯誤で大変だったが、きれいに仕上げたときは本当にいい経験ができたと思った。今回、音色についての分析・評価は時間内ではできなかったし、実際のものづくりでの問題設定は簡単ではないと思うが、今回の経験を今後に十分生かせると考えている。

3.2 B 班 (汎用旋盤による製作)

1) 製作図：B 班は、熊鈴のどのような音が有効であるか調査して、複雑でより大きい音が出るような形状を設計した。Fig. 23 に製作図を示す。

Fig.23 Manufacture drawing of bear bell (Team B)

2) 使用工作機械、工具など

・使用工作機械

- ・桐生機械高速強力旋盤：MODEL LM-229
- ・日立精機 NC フライス盤：NCMV-72
- ・日立工機ロータリーバンドソー：CB22FA
- ・吉田卓上ボール盤：YBD-360

・使用刃具

- ・総形バイト：3 種類
- ・中グリバイト：2 種類
- ・突っ切りバイト：3 種類
- ・右片刃バイト：1 本
- ・内径加工用バイト：1 本
- ・M3 タップ
- ・ツイストドリル：50[mm]、34[mm]、20[mm]、2.5[mm]

・測定具

- ・150[mm] 標準ノギス
- ・150[mm] デプス

3) 加工工程と考案した治具など

①熊鈴本体加工

Fig.24 The 1st process
・50 キリ穴あけ加工

Fig.25 The 2nd process
・34 キリ穴あけ加工

Fig.26 The 3rd process
・20 キリ穴あけ加工

Fig.27 The 4th process
・M3 下キリ穴加工

Fig.28 The 5th process
・内径仕上げ加工

Fig.29 The 6th process
・外径仕上げ加工

Fig.30 The 1st process
・外径仕上げ加工
②鈴玉加工

Fig.31 The 2nd process
・3 キリ穴あけ加工

Fig.32 The 1st process
・外径仕上げ加工

Fig.33 The 2nd process
・M3 ねじ切り加工

Fig.34 The 3rd process
・角削り及び3 キリ加工

4) 完成したB班の熊鈴をFig. 35に示す。

5) 感想：古賀敏夫君のレポートから

今回の熊鈴製作では、オリジナル製品を見て、それよりよい性能、安価な製作を目標にしたため面白く、斬新な授業であったと思う。2チーム編成での製作で競い合うことができ、また治具設計の勉強の後ということもあり、より製作意欲が増し、よいものが作れたと思っている。

製作するに当り、熊鈴そのものを知ることが必要と考え、インターネットなどによる情報収集を行ったうえで構想を練った。他チームは、オーソドックスな鈴を作ることだったので、デザイン、音色、性能のよさで負けなようなものを考えた。また、肉厚の決定、スカート分の長さの決定など、音色などを予想しながら行っていた。加工では、鋳造以外の製作法が課せられたので、切削加工、塑性加工の2種類の加工法を思いついた。

しかし、切削加工では材料費、製作費が、塑性加工では

Fig.35 Bear bell manufactured by Team B

金型代が、それぞれ膨大となること、期限もあり、結局切削加工に決定した。ただし、加工時間を短縮するために、成形加工とした。熊鈴には、当初、鈴玉を2個つけて不規則な音をと考えたが、サイズが小さくできなく残念であった。しかし音色はよく響き、満足した。

このように他チームと競い合いながら、チーム内で協力し合い、物を製作するという経験はなかったので楽しかった。加工法の決定や仕上りの予想など、これまで知らなかったことが知れ勉強になった。設計から製作まで、材料費、人件費、経費など考える貴重な授業であった。

今後は、チーム毎の製作費・性能の比較が行えたら良いと思う。チーム編成でのものづくり競技は、とても製作意欲がわく。

4. 熊鈴つくり実践のまとめ

物づくりに関して、最近、地元の中堅企業の社長から聞いたことがある。設計者(図面を描く役割)と技能者(物を作る役割)両者の技術レベルのダウンについては、かなり深刻な問題である。いずれかが技術レベルを有していれば、何とか物づくりができていたが、,, ということのようである。そのような意味からも、工学教育の中で、物づくりの事始的内容の授業があっても良いのではないかと考え、今回、試行的に生産設計、加工工程、治具の考案などを要求した課題を実践してみた。学生のレポートが示すように、一応の効果があつたようだ。

なお、2班で製作された熊鈴について、今年度になって行った打鈴による音の周波数解析の結果をFig. 36に示す。1次、2次成分ともに、オリジナル熊鈴近傍を、A、B両班の熊鈴がはさんだ分布を示しており、オリジナルにほぼ近い音色を生み出していることがわかった。学生諸君もこの結果を知り、満足したようだ。

Fig.36 Frequency components of bear bells

5. おわりに

地味ではあるが、物づくりを支える基本技術、生産設計、加工工程、各加工工程における効果的な治具の設計に焦点を絞り、「熊鈴作り」を課題に、製品完成まで行った。初めての試みであったため、問題設定の厳密さ(生産量、ロット数など)、材料費、そして加工時間を含む詳細な費用算出と評価など、今後さらに行わなければならないことも多い。

参考文献

- 1) ヒューマンネットワーク高専, <http://www.hnk.jp/>
- 2) 川崎, 木下: 先人の知恵を学び、発展させる技術教育, 日本機械学会, 技術と社会, 公開研究会, 講演会, (2001)
- 3) たとえば, 大西: JISにもとづく機械設計製図便覧, 理工学社