設計製図から製品完成までを一体化した 機械工作実習の実践的教育法

— 新型豆ジャッキの製作 —

Practical Education for Integrated Machine Production from Design
and Drawing to Manufacturing by Machine Shop Practice
— Production of a New Type of Small Jack —

安 富 善 三 郎

Zensaburo YASUTOMI

野 口 典 正

Norimasa NOGUCHI

中 井 庸 一

Yoichi NAKAI

山 本 康 和

Yasukazu YAMAMOTO

大学における機械工作実習は、実習体制の弱体化と実習時間数の減少の続く中で、いかに適切に物作りを教育できるかが問われている。また、物作りも、設計製図から製品完成までの多くの専門教科が関係する広義の物作り教育が求められている。そこで、それら一連のプロセスをまとめた実習教育が望まれており、本実習では、実習用に考案した新型豆ジャッキを製作課題とし、設計から製品完成までの多くの作業内容を一貫した作業で実施した。その結果、機械製作の概要を他教科との関連も含めて総合的に学習させることができ、大きな教育効果を得ることができた。

キーワード：機械工作実習，豆ジャッキ，設計製図，製造

In response to the reduction in the numbers of instructors, machine shops and hours allotted to students for machine shop practice at universities, a system for efficient production education has been sought. Currently, production education spans a broad range of knowledge encompassing technical subjects from design and drawing to manufacturing. Hence, a practical education system which integrates the sequence of production processes is desired. In this study, we applied such a production process and used the example of a small jack, specially devised for use in practical training, as a production target to carry out all the tasks involved from design to manufacturing.

Key word : Machine Shop Practice, Small Jack, Design & Drawing, Manufacturing

1. まえがき

機械工学科の教育目標の一つは物あるいは機械システムを作る、つまり設計・製作に関する学問を体系的かつ総合的に学習させることにある。したがって、この機械システムを作ること、およびそれに関する専門教科群との関わりを分かりやすく、能率良く学習させると普遍的で大変効果的な教育ができる。そこで、設計・製図と工作実習あるいはそれに関連した教科を一体化した物作

りの総合的な教育⁽¹⁾が望まれているが、それら教科を連係させることは実際には容易ではない。

機械工作実習は物作りを理解させる最も適した教科であるが、多くの大学では以前から実習工場の技術職員とシヨップおよび授業時間の減少が続いている。その結果、実習内容は簡略化され、物作りよりも実施可能なシヨップを体験学習する機械工作系講義の補完的な実習内容になりつつある。これは、実習教育にとって深刻な状況であり、実習のあり方を見直さざるを得なくなってきた

図1 新型豆ジャッキの製作例

図2 本実習のプロセス

図3 本実習内容に含まれる教科群

る。実習体制は今後も弱体化が続くと思われるため、従来の多人数の指導員による多ショップ並列の総花的な実習から、少数の指導員とショップによる本来の物作りの目的を明確に定めた実習を目指すことが必要と思われる。

以上の観点から本実習では、製作を中心に据えて、設計製図・製作・製品検査までを一体化した広義の物作りを一貫して学習させることを目標とした。そして、製作課題としては機械を設計・製作する意味合いから簡単ではあっても機械システムが望ましい。また、製作方法としては物作りの基礎的事項を汎用工作機械を中心として学ばせるショップと、今日の自動加工に不可欠な数値制御による加工を学習させるショップとを併せて製品を完成させることが必要と考えられる。そこで、具体的な実習課題は、設計および製作に興味を持たせるために構造を工夫した最小単位の機械システムである新型豆ジャッキとした。また、製品の外形は全員が異なり、美的要素を取入れた製品を作らせた。それによって、実習特有の物作りの楽しさを味わせ、物作りの自信を付けさせることにより、機械工学科の教科全般に興味を持たせ、意欲的に取組む動機を与えることも目的とした。

2. 実習の概要

本実習の製作課題は豆ジャッキを改良した新型豆ジャッキであり、図1に完成品の一例を示す。その製作を通じて、設計の段階から製品完成までの一連のプロセスと、そこに関わる教科群を含めた広義の物作りを分かりやすく学習させることを目標として実習を企画した。最初の作業は設計仕様にしたがって、豆ジャッキの改良設計・製図である。その製作図から製作する部品は、送りねじ、調整ナットと本体であり、生産設計一部品製作一仕上組立ての順で製品を完成させる。送りねじ、調整ナットは主に汎用旋盤で行なう工作機械基礎実習で、複雑な形状の本体はNC旋盤実習でそれぞれ製作する。それらの後、熱処理その他の加工を行ない、仕上組立により製品を完成させる。製品検査では製作図に示された寸法や、品質に関する事項を測定・評価する。なお、部品製作の前に、機械加工に関する基本的作業練習、およびNCプログラミングと加工手順を学習させる。以上の各プロセスの概略を図2に示す。実習の実施に当っては、図2のプロセスを1週毎に細分化して設定した課題にしたがって工程

を進める。また、製品完成までの各種作業は、図3に示すように多くの各専門教科と関わっており、本実習が機械工学の総合的な実習教育となっていることを示す。

本実習の実施学年は2年次で、80名の受講生を半分に分け週2日、その40名の受講生を各々週4時間通年で、上述の実習内容を実施する。また、40名を2班に分け、工作機械基礎実習とNC旋盤実習を交互に取組む。指導担当者は設計製図とNC旋盤実習に2名、工作機械基礎実習と製品検査に2名、合計4名が担当する。

3. 本実習の指導要領

本実習の実施において特に考慮した点は、全員に1個の製品を製作させることであり、その製品は美しく完成度の高い魅力的な物とした。また、全員が本体形状の違う物を製作させることによって、良い製品を作りたいと言う気持を起こさせ、実習の目的意識および取組みの意欲を高めることに配慮した。実習指導にあたっては、物作りの概要を良く理解させることを最大の目的としていることから、設計の段階から製品完成までのプロセスを検討・理解させ、各作業時にもその前後の作業内容との関連を認識させるように努めた。また、製作の各段階で直面する関連教科との関わりを取り上げ、物作りは機械工学の総合学習であることを理解させるようにした。これらの観点より、本実習の各課題の指導の要点を示す。

3. 1 新型豆ジャッキの設計

一般に、豆ジャッキは送りねじをハンドルで回転させ

ることによって、送りねじ先端部を上下させるが、このとき先端部も回転するため支持物が動いて微妙な調節が困難となる。通常は、回転可能な先金部を設けるが、本実習では、創造的な要素を取入れるため、送りねじが回転しない構造のジャッキを設計課題とする。ジャッキの仕様は荷重20kg、揚程35mmとする。これら設計は2週とし、製図はNC加工の空き時間に行なう。その他、本実習で指導上留意した事項を示す。

- (1)設計条件を満たすねじ部の基本構造を、本体とボルト・ナットの組合せを基本に検討させる。
- (2)力の伝達経路と設計手順の検討。(荷重は送りねじ先端部に作用し、ナットを介して本体上面で支持される。手でナットを回すトルクを与え、ネジの有効径を求める。また、ねじの強度を考察させる。)
- (3)新ジャッキの寸法、形状等細部および製作方法を決定し、その結果を製作図(図4)にまとめる。(寸法、表面粗さ、材質、工程など、必要に応じて従来の豆ジャッキ⁽²⁾を参考とする。ただし、製品数は1個のため全ての部品は切削加工で製作するものとする。また、本体外部形状は二つの円弧を滑らかに接続した形状とし、円弧の半径を全員が異なった値とすることによって違った形状の製品が出来る)

3. 2 工作機械基礎実習

この実習では、機械加工と製品完成までの製作に関わる基礎的な事項の習得を目的としている。最も代表的な工作機械である汎用旋盤作業により、製作図面から部品

図4 新型豆ジャッキの製作図例

を製作するための機械加工全般の基礎的な事項を修得させる。使用する汎用旋盤は10台、2人で1台を交互に使用する。最初の4週は、旋盤の構造を理解させてから外径加工、段付け加工等で旋盤作業の基本操作および寸法測定の実習を行なう。以上の基礎準備を終えてから6週で部品図に従って送りねじと調整ナットを製作する。その手順となる作業工程、使用工具、切削条件等の説明を通して基礎事項の学習をさせ、それを作業表にまとめさせる。その他、本実習で指導上留意した事項を示す。

- (1)はめあいと限界ゲージ。(調整ナットのはめ込み部は本体上部とすきまばめになっている。記号に対応する限界ゲージを使用して適切な寸法に仕上げさせ、それを測定させてはめあいと寸法公差を体験的に学習させる)
- (2)切削条件。(代表的な材料と工具を見せ、送りと切削速度の各組合せに対する切り屑と仕上面を観察させ切削条件について学習させる。特に不適切な切削条件下での工具の赤熱や、構成刃先の成長も観察させる)
- (3)治具とその効用。(実習で使用する各種治具は、取付けあるいは加工が困難、生産性の向上、加工寸法の精度向上等その目的と治具の効用・形状を検討させる)

3. 3 NC旋盤実習

NC旋盤実習は、加工自動化の基礎技術であるNCの学習およびNC加工の体験学習をそれぞれ目的としている。ジャッキ本体外径は設計段階で複雑な形状を採用した。これは、汎用旋盤で加工することが困難な複雑な形状を設定し、NC旋盤で加工することを前提としたものである。なお、本実習で使用するCNC旋盤は、自動プログラム機能やカラーグラフィックによる動画描写機能が用意されている。実習のシステムは、NC旋盤1台とオンラインでパソコン4台が接続されている。また、データ入力時はさらに20台のパソコンを使用する。

この実習は加工自動化の基礎となる数値制御の概要を1週、プログラミングの説明と練習および課題のプログラミング等に5週、データの入力とチェックに1週、NC旋盤の加工手順と本体の加工に3週を充てている。一般に、NC旋盤の加工⁽³⁾ではプログラミングが最も重要であるため半分の時間を使用する。その他、本実習で指導上留意した事項を示す。

- (1)NC加工計画。(図面から各主要位置の算出、加工順序の決定、使用工具の指定、切削条件の決定等を通して加工の全般を把握させ、データシートを作成させる。工具軌跡図を描かせると共に加工時間を推定させる)
- (2)NC旋盤の加工手順。(原点設定と工具オフセットの設

定およびパソコンとNC旋盤間のデータ転送と動画チェック等重要な事項を体験学習させる)

3. 4 仕上組立ておよび製品検査の指導上の留意事項

上述の実習で製作した部品から製品完成までの作業と製品検査を2週の実習で実施する。以下に指導の要点を示す。

- (1)本体内面を塑性加工の一種であるRLB加工によって精密に仕上げさせる。加工前・後の表面粗さを測定させ、著しく改善することを確認させる。
- (2)送りねじ先端部の焼入れと硬度測定。(焼入れ作業を体験させ、焼入れ前・後の硬度の変化をヤスリを当てた感触と、ショア硬度試験器の値とから考察させる)
- (3)送りねじ溝部のフライス加工によるかえりの除去、焼入れ後の仕上げ、ケガキ作業、本体上部のタップ作業等、手仕上げ作業は目立たないがその難しさを体験させる。
- (4)組立および製品検査。(滑らかに調整ねじが回ることを確認し、製品の主要寸法、揚程の値を測定すると共に、ねじ部先端に負荷をかけ規定のトルクでナット部を回して設計通りに仕上がっていることを確かめさせる)

4. 本実習の問題点

機械工作基礎実習では、作業ミス等による進度の遅れの調整が難しく、補講で対処せざるを得ない。NC旋盤実習では、全員のプログラムを完全にチェックするのに大変な労力を要する。また、1台のNC旋盤で全員の部品を加工するため長時間を要し、学生には多くの空き時間ができたため、この対策として、設計段階で描いたスケッチを製図させる。また、一年間の連続作業であるため、作業内容が多く、内容も多岐にわたるため実習報告書の作成が大きな負担になっており、短い区切りでまとめさせる必要がある。

5. 結 論

本実習の製作体験を通して学生は、機械を作ることの意味合いを実感できたようである。また、設計・製作・検査と言った一連のプロセスの相互関係や、機械を製作する過程で多くの専門教科が有機的に関係しあっていることがよく理解できたようである。実際に機械を作るとき、多くの専門知識の必要なこともさることながら、熟練した技能が不可欠で、改めて工作の難しさ、奥の深さを感じたようである。その一方で、複雑な形状の加工が比較的簡単なプログラミングで見事にできあがり、NC技術の素晴らしさを実感することによって、さらに高度

の自動化技術の学習意欲が感じられた。

いずれにせよ、一年がかりで自分で描いた設計図通りの、しかも全員が違った形状のジャッキを完成させた時の感激と喜びを目の当たりにして、物作りの楽しさを味わえる実習内容を企画したことに十分な成果を得られたと思われる。これによって、機械工学あるいは専門教科への積極的な取組みの動機付けの役割を果たせたであろう。

以上報告してきたように、新型豆ジャッキの製作実習は設計・製作・検査を有機的に連係することによって、学生の反応も良く、著者らが期待した以上の教育効果を生み出したように思われる。

謝辞：今回報告した新型豆ジャッキの実習の企画および実施に際し、元本学理工学部機械工作実習工場主任竹本吉光氏の多大なご援助ならびにご協力をいただきましたことに、心からお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 南斎征夫：全科目選択制の中の設計製図教育，日本機械学会関西支部第69期講演会講演論文集，(1994) 3。
- (2) 大柳康，蓮見善久：JISにもとづく標準機械製図集〔第3版〕，理工学社 (1994) 42。
- (3) G. C. STANTON：NUMERICAL CONTROL PROGRAMMING [MANUAL CNC AND APT/COMPACT II]，JOHN WILEY & SONS, INC., (1988) 45。

(平成8年1月29日受付)

安富善三郎

1963年 大阪工業大学機械工学科卒業工学博士
1981年 大阪府立大学工学部機械工学科講師
1988年 近畿大学理工学部第二部学科助教授

野口典正

1988年 東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了工学博士
1988年 近畿大学理工学部第二部学科助手
1995年 近畿大学文芸学部芸術学科講師

中井庸一

1972年 布施工業高校機械科卒業
1979年 近畿大学理工学部機械工作実習工場技術員

山本康和

1992年 近畿大学理工学部機械工学科卒業
1992年 同上機械工作実習工場技術補助員