

大学院生のための高度工作実習プログラムの構築と施行* (製作課題「ミニ旋盤」の完全自作と評価)

千田進幸*¹, 山本浩治*², 松浦英雄*¹

Advanced Program of Handcrafts Exercise for Graduate Students (Development of Lap-top Lathe and Evaluation of Execution)

Shinkoh SENDA*³, Koji YAMAMOTO and Hideo MATSUURA

*¹ Technical Center of Nagoya University,
1 Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 464-8603 Japan

This paper describes an overview of handcrafts exercise conducted by technical staffs in Graduate School of Mechanical Engineering Department of Nagoya University during past 2 years. This practice provides with three significant characters. At the first, it is a scheme that prepared exclusively for graduated students and executed by them. At the second, it is a creation of new machine which is designed to meet specific requirements. This machine is called as "Mini Lap-top Lathe". At the third, all of the course have been planned and supported by technical staffs. In the former part of this paper, it describes a status of the practice from planning of the machine to manufacturing of prototype. In the later part, it describes an appearance of handcrafts exercise conducted by our technical staffs for the graduated students. Finally, we have evaluated overall program of this handcrafts exercise in view of effectiveness on life of the graduated students.

Key Words: Handcrafts Exercise, Technical Staffs, Graduated Students, Manufacturing of Prototype

1. はじめに

近年、パソコンをはじめとする情報・通信機器の発達はめざましく、今や工学の分野においてもそれ無くして研究・教育が進展しないことは周知の事実である。しかし、これらが浸透し、バーチャル化が進めば進むほど、一方では工学におけるモノづくり体験の必要性を再評価しようとする機運が高まってきている。しかしながら、現在のような人の手を離れ、高精度自動機械やコンピュータが主導の、より高度化ならびに専門化する先進的工学の潮流の中で、学生がモノづくりの体験をする機会は非常に少なくなって来ている。

そのような背景を鑑み、名古屋大学工学研究科機械系教室では平成10年より、著者ら技術職員が中心となり、新4年生を対象に機械工作における安全作業やモノづくりの基本を教える実習を実施してきた。この実習は単に技能の習得だけにとどまらず、学生自らが

手と体を使い、そのモノづくりの中に工学の獨創性を吹き込むことを大きなねらいとしている。この理由は工学とは他のどの学問分野よりも創造的な鋭い感性が必要とされるものであると考えているからである。学生がいつもパソコンの前に座り、画面上のバーチャルの世界だけに工学を見ていき、それを彼らは工学のすべてだと理解しては創造性を育むことは難しいのではないかと考えている。

4年生の実習後アンケートの結果によれば、この実習だけでは物足りないと感じた多くの学生が大学院での研究や装置づくりに直接的に役立つような、より高度で発展的な実習を強く希望してきた。

そこで著者らは平成14年度、前述の4年生を対象とした「基本コース」に併せ、実習経験者である大学院生を対象とした応用的工作実習として「アドバンスコース」を立ち上げた^{1), 2)}。本コースの製作課題は著者らが学生たちの意見を取り入れて考案した卓上型工作機械の「ミニ旋盤」である。マシンの大きさは平成14年度が「A4サイズ」、さらに改良を加えた次年度は「B5サイズ」まで小型化および省力化させ、学生自

* 原稿受付 2004年12月9日。

¹⁾ 正員、名古屋大学全学技術センター(☎464-8603 名古屋市中千種区不老町1)。

²⁾ 名古屋大学全学技術センター。

E-mail: senda@mech.nagoya-u.ac.jp

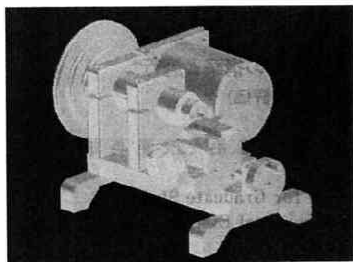


Fig.1 Type'02 mini lathe design(3DCAD)

らによる「完全自作」を試みている。完成後には学生自ら、自作装置の機能動作試験を実施する、より総合的なプログラムとした。

このような高度なモノ作り実習は全国の大学を見渡しても例がなく、受講した学生たちに大きな「達成感」をもたらすこと特筆に値する。

本論文では教員ではなく、著者ら技術職員自らが企画・立案ならびに実施した、大学院生のための応用的モノづくり実習における過去2年間の取り組みと成果について報告する。

2. 実習の教育目的

本実習の対象はすでに基本コースを終えた大学院生であり、次のような目的を持っている。

- (1) 製作課題を構築するために必要なさまざまな機械要素やメカニズムを理解させ、図面を読み、個々の部品を自分の手で形にしていく方を習得させる。指導者はモノづくりのノウハウを教えるだけでなく、丁寧な仕事をする大切さや最終工程では人の手による仕上げと調整が不可欠であることを体験を通して納得させる。
- (2) 課題の「ミニ旋盤」を自作した後は指導者を変え、学生自らが実施する機能動作試験によって設計通りの性能を実現しているか否かを確認し、実用性と併せて機械装置の安全性について考察させる。自作のマシンが予測通り機能した大きな達成感を持たせるとともに、実用と安全はモノづくりに携わる工学者として非常に重要な認識であることを指導する。
- (3) 学生の多くにとって本実習を受講したことが次の機会には自らの研究のための装置づくりにチャレンジしようとする意欲づくりに成りえることであり、工学技術者としてモノづくりに対する謙虚で真摯な姿勢を持ち続けることの大切さを教える。

3. 製作課題「ミニ旋盤」の考案

3.1 '02型

図1は平成14年度の製作課題として著者らが考案した'02型「ミニ旋盤」を示し、次のような設定構想を持ち合わせている。

- (1) 学生が1週間(40h)程度で完成できること。
- (2) 複数の可動部があり、学生がモノを作り上げた満足感ならびに達成感を持てるもの。
- (3) 装置としての機能を果たすもの。さらにマザーマシンとしての役割を担い、この装置を活用して新たなモノを創り出せる可能性があるもの。
- (4) 将来に向けて課題の発展性が期待でき、継続的な展開が可能なこと。

図1の卓上型「ミニ旋盤」は以上のような要件を満たす。著者らは実際に役立つモノを作らせることによって学生の「やる気」を引き出そうと考えた。

3.2 '03型

図2は平成15年度製作課題の'03型「ミニ旋盤」を示し、前年度のものに比べ、次のような観点から根本的な改良を施している。

- (1) '02型「ミニ旋盤」は実習時間(40h)の制約から構成部品の3割程度をあえて供給せざるを得なかった。そのため学生から「課題の全てを自分たちで作り上げ、完成させたい」という要望が多かった。
- (2) '03型では前年度以上に大きな達成感を持ってもらうために、同等の時間内で学生が全ての部品を作り、「完全自作」できるマシン設計を試みる。その結果、旧型の設計ノウハウを活かしながらも全く新しい省力化ならびに小型化した新型「ミニ旋盤」の構築を実現している。

4. ラップトップ「ミニ旋盤」の機能と特徴

著者らが大学院生の実習課題として開発したラップトップ型「ミニ旋盤」は'02型ならびに'03型ともにシンプルで独創的構造となっており、それぞれの

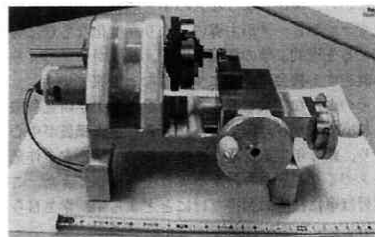


Fig.2 Type'03 Sample machine

機能と特徴を次に述べる。

4. 1 ' 02型

表1は'02型「ミニ旋盤」の機能を示し、表のようにポータブル加工機としての機能を持ち合わせている。本機の特長は次の通りである。

- (1) 据付寸法がA4サイズであり、机の隅に置いて活用できる。
 - (2) 重量は7kgであり、簡単に持ち運びができる。
 - (3) 刃物台は動き硬さを最適にできる隙間調整機構を備えている。
 - (4) ベルト駆動のため、動力伝達音が極めて小さい。
 - (5) 回転数は3段プーリーにより 300~1,200min⁻¹に変更できる。
- 使用する材料部品コストは以下の通りである。

- ①本体材料費 14,000 円, ②チャック 4,800 円, ③モータ 8,000 円, ④ベアリング (6個) 2,000 円, 一式合計 28,800 円

4. 2 ' 03型

表2は'03型「ミニ旋盤」の機能を示し、表のように持ち運びできる工作機械としての実用性を一層高めている。その特長を次の通りである。

- (1) 動力源のモータの変更により旧型に比べ、さらに小型および軽量化を実現している。
- (2) 据付寸法はB5サイズである。
- (3) 重量は3.1kgであり、旧型の半分以下である。
- (4) 専用チャックを装備し、最大つかみ能力は旧型のφ10に対し、φ60に改善している。
- (5) 長尺物へ適応範囲を広げるため、主軸中心にφ10の貫通穴を設けている。

Table.1 Typical specifications of Type'02 mini lathe

Size	:L×B×H	300×255×180 [mm]
Motor	:	AC40W
Number of rotations	:	1200, 600, 300 [min ⁻¹]
Stroke of carriage	:L×B	30×30 [mm]
Chuck capacity	:	φ0.8~φ10.0
Weight	:	7.0kg

Table.2 Typical specifications of Type'03 mini lathe

Size	:L×B×H	180×130×135 [mm]
Motor	:	DC25W
Variable speed	:	Non step
Stroke of carriage	:L×B	30×30 [mm]
Chuck capacity	:	φ0.8~φ60.0
Weight	:	3.1kg

- (6) 刃物台は送り目盛りを付け、作業性を高めている。
- (7) 減速用歯車にカバーを施し、安全性を高めている。

'03型の材料部品コストは以下の通りである。

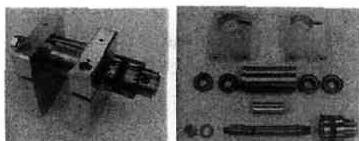
- ①本体材料費 6,000 円, ②チャック 19,500 円, ③モータ&コントローラ 12,000 円, ④ベアリング (4個) 1,000 円, ⑤ギア (2枚) 1,500 円, 一式合計 40,000 円

5. 「ミニ旋盤」の構造と製作方法

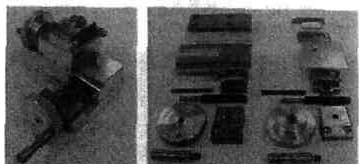
著者らが考案した「ミニ旋盤」の本体構成材はすべて厚さ20mm (一部25mm) のアルミ板材に統一し、軽量化および低コストを実現している。

5. 1 ' 02型

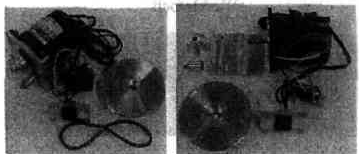
図3は'02型「ミニ旋盤」の主要各部と部品構成を



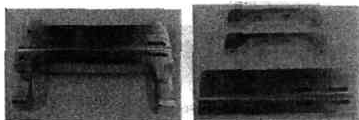
(a)Headstock



(b)Carriage



(c)Change pulley



(d)Base

Fig.3 Structure parts of mini lathe(Type'02)



Fig.4 Example of engraving by CAD/CAM Machining Center

示し、全体の製作部品点数は 36 点である。製作方法は次の通りである。

- (1) 矩形部品（ベース部は除く）はフライス加工であり、特殊なものとして刃物台のVミゾ加工も施している。
- (2) 丸物部品は旋削加工により製作し、バイトによるネジ切り加工も実施している。
- (3) 各部の孔あけ加工は卓上ボール盤を使用している。
- (4) ベース部品はマシニングセンタにより加工を行っており、ベース本体の側面には図4に示すように、自由設計による文字加工を施している。

5. 2、03型

図5は03型「ミニ旋盤」の主要各部と部品構成を示し、全製作部品点数は 23 点である。構造および製作方法の主な変更点は以下の通りである。

- (1) 小型 DC モータ&コントローラの組み合わせ



(a)Headstoch



(b)Carriage



(c)Base

Fig.5 Structure parts of mini lathe(Type'03)

により変速機を無くしている。

- (2) 主軸台の曲面加工は割り出し台を使ったフライス加工であり、安全性および機能美を高めている。
 - (3) 刃物台は旧型と比べ上下反対方向に取り付け、送りネジ部を台の下部に配置している。その理由は切削時におけるネジ部への切屑侵入を防ぐためである。
- その他の製作方法に顕著な変更点はない。

6. 実習の展開

6. 1 事前の準備

本実習の実施に先立ち、実習内容を事前に把握・予習させる手引き書を作成し、参加者に予め配布している。さらに指導マニュアルを準備し、実習現場において加工手順を教えるための指針としている。

6. 2 実施状況

本実習は1グループ5～6名のグループ制で実施しており、製作パート毎に(1)主軸台班、(2)往復台班、(3)ベース班の3班に分けている。前述の手引き書にはパート毎に加工のポイントならびに使用工作機械の割合等を明記し、参加者がパート選択するための事前情報の1つとしている。グループ制は学生一人当たりの実習時間を軽減する利点があり、また学生間の協調性を養う良い機会となる。実習の展開は次のようになっている。

- (1) 全体説明会→(2)汎用工作実習→(3)CAD/CAD マシニングセンタ実習→(4)組立・調整と機能確認→(5)成果発表会

表3は機械工作(2)～(4)のスケジュールを示

Table.3 Schedule of weekly exercise

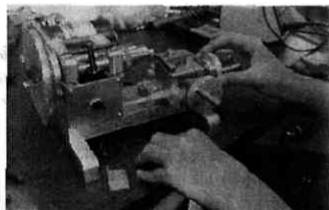
	9~12am	1~5pm
Mon.	Explanation Headstoch	Headstoch Parts
Tues.	Carriage	Carriage Parts
Wed.	Carriage Tapping	Carriage Assembling
Thurs.	Base CAD/CAM	Base Machining Center
Fri.	Leg of base	Assembling Adjustment

し、本実習の中核となっている。表のように1グループ1週間(40h)に設定し、集中力の持続可能時間を考慮した。また開催日程は夏季休業期間として正規の授業に支障をきたさないよう配慮した。実習プログラムは週の前半で汎用工作機械によって主軸台および往復台の製作を行い、加工手順を教え、それを基にして後半のマシニングセンタによるベースの製作方法を指導する構成になっている。このような段階を経ることはCAMの加工工程設計に役立ち、マシニングセンタによる工作を円滑に行える利得がある。実習は前述の指導マニュアルを基に遂行し、作業の安全と進捗状況に絶えず留意した。その結果、表3のプログラム通りに展開することができた。

尚、'02年および'03年の指導者数は、ともに5名であり、参加グループ数(合計学生数)はそれぞれ、7グループ(33名)および3グループ(14名)であった。

7. 完成作品と学生による自己評価

図6は'02型および'03型の学生たちが完成させた「ミニ旋盤」の機能動作確認の様子を示し、グループ全員が協力して実施している。学生たちの大半は「作り上げた装置が実際に機能するのを自分たちの目



(a) Type'02



(b) Type'03

Fig.6 Verification on functional operation for the mini lathe

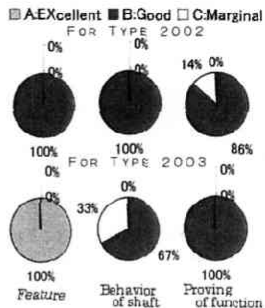


Fig.7 Self-judgment for completed product

で確かめ、大きな達成感を持った」と述べている。さらに本実習では完成した作品を作り手である学生自らが製品としての評価を加えた。図7は学生全員による完成品の自己評価を示す。自己評価の結果から、'03型は製品としての美しさに高い評価を与えていることが判明した。また両年度とも「ミニ旋盤」が完成した「満足感」を学生たちに与えていることも推測できた。

8. 成果発表会

全日程終了後、学生たちのために教員および技術職員を交えた成果発表会を開催しており、そこでは(1)実習風景のビデオ紹介、(2)代表学生によるプレゼンテーション、(3)自作マシンによる切削実演('03型)を行っている。その後、評価会に移り、各グループの作品について①製品外観、②主軸の振れ、③摺動部の動き、④文字加工のデザイン等を評価している。モノづくりの多くはその先に必ず使う人の存在があり、相互評価は不可欠であると考えている。本会における活発な意見交換の場は著者ら指導者にとっても次年度の課題を明らかにする有益な機会と成りえている。最後には投票により最も優れたグループを表彰し、技術職員自作の優秀プレートを贈呈している。

9. 本実習がもたらす教育効果

本実習はすでに基本コースを終えた大学院生を対象として実施するものであり、学生たちが今後、工学を深く広く学ぶための関心・意欲を喚起する実習内容でなければならない。その意味においても、自分たちが作り上げた「ミニ旋盤」が図面通りの形になり、仕上げと調整を経て実際に機能する作品に成りえたという

「達成感」を持ってもらうことの意義は大きい。

本実習がもたらすと期待できる教育効果を次の3つのカテゴリに分類評価し、事後指導のあり方に検討を加える。

(1) 分類A: 自分の予想通りか、それ以上のマシンが完成したと感じた学生

(事後指導) やはりモノづくりは楽しいと感じるグループであり、一層の好奇心を伴い、向上心を育てていくよう認め励ましていく。

(2) 分類B: 実動する機械を作ることは自分の予測より、かなり難しく、労力や時間が予想以上にかかるものだと感じた学生

(事後指導) 装置を作ることの大変さを分からせ、加工機械の特性を考慮した設計ならびに研究展開を踏まえた設計の大切さを理解させる。

(3) 分類C: 課題のマシンが自分の思うようには完成しなかったか、失敗してしまったと感じた学生

(事後指導) その学生は一瞬、落胆するかもしれない。このとき指導者は学生がモノづくりに対して再びチャレンジ精神が湧いてくるように導かなければならない。すなわち、学生が失敗した悔しさをバネにミスをした原因を考察し、何故そうなったかを学ぶプロセスへと指導する必要がある。

図8は終了アンケートをもとに学生たちにもたらした前述の教育効果の分布状況を推測したものである。図のように多くの学生たちが分類AおよびBに属していることが分かり、著者らの本実習の企画・立案のねらい(工学に対する関心・意欲の啓発)が浸透したことを確認できた。しかしながら分類Cに該当する学生たちこそ「失敗の中から学ぶ」というモノづくり体験学習の最も顕著な自学自習の教育効果が期待できるグループであると考えている。

総じて、本実習を受講した学生たちの多くがモノづくりの楽しさと難しさを体で覚え、モノを作ることの喜びを味わい、工学という広く深い学問の門口にしっかりと立ってくれたものと強く信じる。

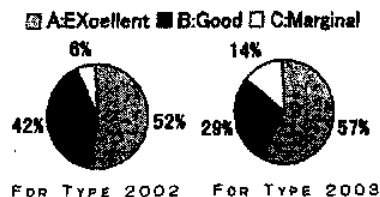


Fig.8 Distribution of educational effects

10. まとめ

以上のように、本工作実習は次のような成果をもたらした。

(1) 1年目はアドバンスコースに相応しいテーマを検討し、製作課題を独自設計の卓上型工作機械の「ミニ旋盤」に定めた。そして大学院生が1週間(40h)で「ミニ旋盤」を作ることでできる実習プログラムの構築と施行ならびに評価を行った。2年目には学生の要望から「完全自作」できる新型「ミニ旋盤」の設計試作と実習の実践ならびに評価を加えた。

(2) 本実習では初めに汎用工作機械による実習を行い、次いでマシニングセンタを用いた実習へと段階を踏むことで複雑な機械加工を円滑に行う工夫を加えた。そして体験を通してモノづくりの段取り、加工手順、ならびに組立・調整の方法を習得させた。

(3) 本実習の目的はモノづくりの過程を学ぶことはもちろんであるが製作後の自己評価および相互評価をし合う成果発表会のプレゼンテーションにも大きな意義を置く。何故なら、学生たちが将来、工学技術者として、あるいは研究者として高いレベルで工学に深く関わっていくことを想定しているからである。

謝 辞

本論文の内容は名古屋大学大学院工学研究科機械系教室が主催する工作実習アドバンスコースとして実施されたものです。本実習にご支援下さいました関係者の皆様方に心より感謝いたします。

また、論文投稿へ提案を頂き、執筆に際しましては懇切なるご指導を賜りました。名古屋大学大学院工学研究科マイクロナノシステム工学専攻 生田幸士教授に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 松浦英雄, 千田進幸, 山本浩治: “大学院生のための工作実習アドバンスコースプログラムの構築と施行”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'03, 1A1-3F-E4, (2003.5.)
- (2) 松浦英雄, 千田進幸, 山本浩治: “大学院生のための工作実習アドバンスコースプログラムの構築と施行” (第2報), 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'04, 2A1-L2-35, (2004.6.)