

機械系学生を対象としたモノづくり 実習・企画と実施

Planning and Executing of Handcrafts Exercise for Mechanical Engineering Course Students

千 田 進 幸*¹ 松 浦 英 雄*¹ 山 本 浩 治*¹
Shinkoh SENDA Hideo MATSUURA Koji YAMAMOTO

Machining-practice program for undergraduate and graduate school students in mechanical engineering course was developed and conducted by technical staff of the university. There are three courses according to contents and difficulties of the practice. Beginner's class is for 4th grade students. Middle and advanced class are open for the students who already finished the beginner's class. The program was successfully implemented. Key issues to the success are ; (1) Any course include rooms for the students to implement their own creativity. (2) Fabricated products such as miniature vice, tapping machine, and miniature lathe, can be owned and used by the students later in their laboratory.

Keywords : Education for Mechanical Engineer, Graduate Student, Training Program, Handcraft, Teaching Effectiveness

キーワード：機械系技術者教育，大学院生，実習，物作り，教育効果

1. まえがき

名古屋大学が位置する中部圏は我が国を代表する製造業が盛んな地域であり、本学が社会に輩出する人材に対する産業界の期待は大きい。平成13年度、工学研究科の中に設置された創造工学センターは、従来行われてきた問題解決型・分析型の教育に対して、これを問題発見型・総合型の教育に補完すること、さらに、座学中心の教育に対して、体験型の「モノづくり実習」で工学の必要性・方向性を学生に実感・納得させることを活動の目的としている。

体験型のモノづくり実習に関して、著者らを含めて複数の技術職員が、学生・一般職員向けに、内容と難易度において多彩なメニューをそれぞれ創意工夫して作り、センター主催、あるいは共催の形で実習を進めている。いずれも、技術職員がテーマ企画から受講者の技術指導までを一貫して担当していることに特徴がある。

本稿で紹介するモノづくり実習は平成15年度に著者らが企画・実施した機械系学生を対象の実習であり、初級、中級、アドバンストの3段階のコースから成る。これは前年度初級コースを受講した学生たちの要望に応えた企画であり、新たに設けた中級、アドバンスト両コースはそれぞれ初級実習経験者を対象としている。以下に、初級からアドバンストまで一貫した

段階的なモノづくり実習の新しい企画の内容と、実施結果について述べる。

2. 実習概要

レベルの異なる3段階のコースの概要を表1に示した。本実習のプログラムには次のような特長がある。

表1 工作実習の概要

	初級コース	中級コース	アドバンストコース
受講資格	学部4年生以上	初級経験者	初級経験者
テーマ	図面を引いてのモノづくり	役立つ道具づくり	学生による「完全自作」
製作課題	テーブルバイス「つかみ器具」	ネジ立て機「ネジタッチャブル」	卓上旋盤「ミニ旋盤」B5サイズ
実施時期	5月～7月 9月～10月	9月～10月	夏季授業休業期間
実習時間	6h/人	20h/グループ	40h/グループ
全体説明会	有	-	有
設計の自由度	有	有	企画図面による
図面指導	有	有	-
使用工作機械	旋盤 フライス盤 ボール盤 切断機	旋盤 フライス盤 (ジグ利用加工) ボール盤	旋盤 フライス盤 (ジグ利用加工) ボール盤 CAD/CAM マシニングセンター
アンケート	有	有	有
自己評価	-	有	有
成果発表会	-	有	有

各コースにテーマを設定し、達成目的を明確にしている。初級は「図面を引いてのモノづくり」であり、中級は「役立つ道具づくり」、そしてアドバンストコースは「学生によるミニ旋盤の完全自作」である。受講者は各コースのプログラムに沿って、使用する工作機械の安全な操作方法ならびに加工方法を学び、課題作品を作り上げる。初級および中級コースは製作課題の図面作成から始めており、学生の起こした図面を事前指導している。中級およびアドバンストコースにおいては受講者による自己評価を加え、終了後には学生とともに教員および技術職員を交えた成果発表会を開催している。完成した各コースの作品は、いずれも学生が実習後、身近な道具として実験研究に活用できることを意図して課題を設定した。

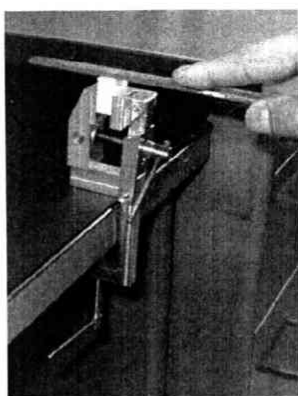


図1 「つかみん具」試作品

3. 初級コース

3. 1 実習目的

機械系学生(対象者:学部・大学院,自由参加,結果的には学部4年生が中心.)を対象とし,次の目的をもっている。

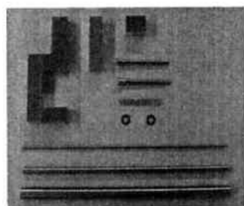
- (1) 課題製作を通して安全作業,安全な工作機械の操作方法を学ぶ。
- (2) 機械加工法とともにモノづくりの段取りを覚え,その良し悪しで能率や精度が決まることを学ぶ。
- (3) いかなる高精度の機械加工によっても最後は人の手による仕上げと調整が必要であることを学ぶ。

3. 2 製作課題

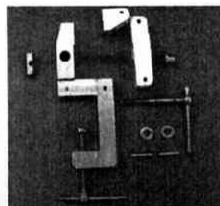
課題設定において考慮した要件は以下の通りである。

- (1) 旋盤,フライス盤,ボール盤などの汎用工作機械を使い,6時間程度で作ることができること。
- (2) 複数の部品を組み合わせた構造であり,寸法精度と手仕上げが不可欠な要素となっているもの。
- (3) 可動部があり,機構的な興味と動く楽しさを実感させるもの。
- (4) 完成後の作品は身近な道具として自らのモノづくりに活用できること。

上記の条件を満たすテーブルバイス「つかみん具」を考案した。その機能は,テーブルに固定でき,幅20mmまでの対象物をつかんで固定する能力があることである。図1は「つかみん具」の試作品の使用例を示す。その特長は,(1)本体が厚さ20mmのアルミ板できており,軽量コンパクトのため脱着,持ち運びが容易であること,(2)平行度の低い対象物もつかめる傾き可能な可動口金を備える。口金の取り付け方式(支点の位置がポイント)の工夫で可動アームの傾きを補正できること,(3)アームの開閉を円滑にするためにバネを使用していることである。図2は全構成部品の写真であり,加工前の供給部材(左)と加工後の全部品(右)を示している。一次加工が施されている「つ



加工前(左)



加工後(右)

図2 「つかみん具」の全構成部品

表2 「つかみん具」のアルミ供給部材

本体	130×50×20 [mm]	A2017
可動アーム	65×20×20 [mm]	A2017
可動口金	25×20×20 [mm]	A2017

表3 「つかみん具」の具備すべき設計条件

口金寸法	縦20×横20 [mm]
最大つかみ寸法	20 [mm]
取付部最大開き寸法	35 [mm]

かみん具」のアルミ材の供給部材の寸法を表2に示した。加工方法は本体,可動アーム,口金など角材の平面加工にはフライス盤を使い,芯金,座金,あて板など棒材は旋削加工による。また各部の孔あけにはボール盤を用いている。製作する際の工夫として,締め付けネジには市販のM6ネジから加工したものを使用し,丸棒への垂直孔あけにはズレを防ぐために特別に考案したジグを用いている。あて板は空回りさせるために軸先端部をかしめ,ハンドル端部も脱落防止のためにかしめている。表3は具備すべき設計条件を示す。実習では学生たちに試作品,供給材料,ならびに設計条件を考慮させ自分で図面を起こさせている。設計にあたっては,作りやすい形にすること,またシンプルで剛性のある構造にするよう指導している。製作課題の材料費は1台1,500円である。

3. 3 実習の流れ

実習の企画から実施および終了後の報告会までの流れを表4に示した。本実習は機械系教室教員の助言と協力によって運営がなされ、教員、技術職員、および学生の3者がそれぞれの立場で参加している。

表4 実習の企画から終了報告までの流れ

3月	企画の提案 加工系教員と打ち合わせ
4月	機械系教室会議での承認(参加者募集)
5月	全体説明会(安全講習会を兼ねる)
5月~6月	第1期実習指導
9月~10月	第2期実習指導
2月	終了報告(報告書提出, 報告会)

3. 4 実施結果

実習指導は事前に準備した加工マニュアルに基づいて遂行し、作業の安全と進捗状況に格別の注意を払った。その結果、ほぼプログラムに沿って展開することができた。本実習は機械系学生を中心として希望者全員に対してマンツーマン方式で実施した。以下に参加者のコメントの一例を紹介する。

「図面を書いてモノを作るというのは新鮮であった。実用に耐えるテーブルバイスもなかなかいい。バイスはヤスリをかけていると愛着が湧いてきて大切にしようと思った。」

4. 中級コース

4. 1 企画立案の理由

本コースの企画立案の理由は初級コースを終了した学生からの要望にほかならない。学生たちは実験研究の展開に直接的に役立つ実習を受講したいと強く望んできた。そこで2~3名のグループで行う道具づくりを検討した。

加工系実験現場ではネジ立て作業を行う場合、手でネジ立てをするとネジが曲がったり、タップが折れてしまうことによく遭遇する。著者らが中級コース向けの製作課題として考案した、ネジ立て機「ネジタッチャブル」図3は、誰もが簡便に正確なネジが立てられる道具である。

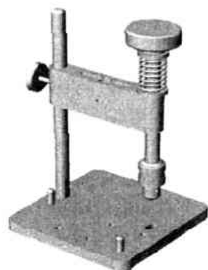


図3 「ネジタッチャブル」概念図

4. 2 実習目的

「ネジタッチャブル」の製作を通し、次のことを学ぶ。

- (1) 機械要素の機能を実現する方策を学ぶ。
- (2) 作るものの構造と動きが複雑になるほど高い寸法精度、ならびに最終工程の手仕上げと調整が重要な要素となることを理解し、その手法を学ぶ。
- (3) 道具を作り上げたという達成感を味わう。
- (4) 実習終了後の発表会において、自らの実習成果をまとめ、それを発表することを体験する。

4. 3 製作課題の機能と特長

「ネジタッチャブル」は次のような機能を持っている。(1) 手でM6までのネジを正確に立てることができる。(2) 水平コラムは旋回ならびに上下動ができる。コラム先端に位置する主軸は35mmの円滑な上下動が可能である。また本機の特長は(1)主軸とコラムとの回転ならびに上下動の2自由度の動きをガタなく実現している。(2)コイルバネを用いてネジ立て後の戻り動作をスムーズにしている。(3)ベース上面に止まりピンをセットしてワークのズレを防止している。

4. 4 部品構成と加工方法

図4は「ネジタッチャブル」を構成する全部品を示す。コラムおよびベースの平面加工にはフライス盤を用い、コラムの貫通穴(主軸用、支柱用)およびベース角部のアール取りにはインデックステーブルを使って加工している。支柱、主軸、ハンドルなどの丸物は旋削加工によっており、ベースのピン穴はボール盤加工である。各部品の面取りは手仕上げで行い、カッターを用いている。本機の材料費は15,000円である。

4. 5 実習の展開

(1) 事前準備と製作説明

学生たちは実習1週間前までに製作図面を提出し、確認と指導を受ける。現場実習前には学生たちの図面をもとに製作説明と質疑応答を行っている。

(2) 実習スケジュール

実習はグループ毎に実施し、各グループを3つの班に

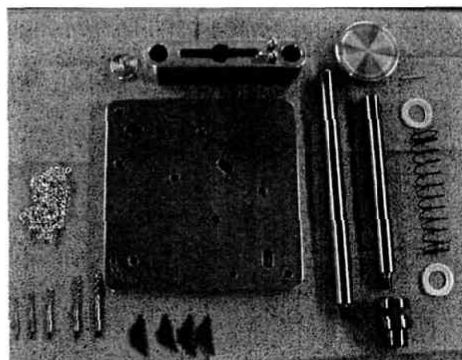


図4 「ネジタッチャブル」の構成部品図

表5 実習スケジュール

時間割	第1日目	第2日目	第3日目	第4日目
午前 9-12	製作説明 ベース	コラム	-	-
午後 1-5	ベース 支柱	コラム	主軸 ハンドル	組立 調整

け、表5のようなスケジュールで各パーツを作っている。全部品が完成後、グループ全員で組み立て調整を行う。実習時間は1グループ20時間に見積もっている。

3) 製作課題の完成

実習は前項のプログラムに従って実施し、受講したグループが「ネジタッチャブル」を予定通り完成させた。

4) 課題の自己評価

製作課題の組み立て完成後、学生に行ったアンケートの代表的な回答例を以下に記す。

(a) 図面通りにできたか？

- ・きっちり図面に沿ってできた
- ・進行具合をみてうまく図面を手直した

(b) 仕上げや外観はどうか？

- ・かなりきれいに仕上がった
- ・センスよくできた

(c) 摺動部分の動きはどうか？

- ・大変滑らかで満足
- ・非常に滑らかでガタがない

(d) 活用できそうか？

- ・即戦力として活用する
- ・大いに活用する

学生の自己評価から、作り上げた課題作品に満足していることが理解できる。

4. アドバンストコース

4.1 企画の背景と製作課題の検討

前章の中級コースと同様、初級コースを終えた多くの学生が装置づくりに直接的に役立つ高度で発展的な実習を体験したいと希望してきた。さらに高度なアドバンストコースの製作課題として著者が考案した「ミニ旋盤(図5)」は、次の設定構想を持っている。

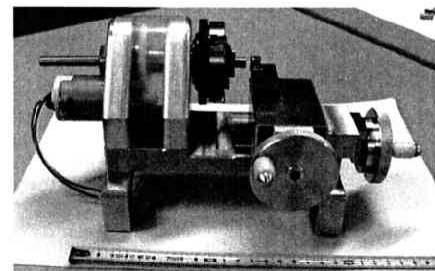


図5 製作課題「ミニ旋盤」の外観図

(1) 学生が1グループ1週間(40時間)程度で完成できること。

(2) 可動部が複数あり、学生が作る楽しさ、作り上げる満足感、達成感を持つことができるもの。

(3) 装置としての機能を持ち、マザーマシンとしての活用でき、この装置を用い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、継続的展開が可能なもの。

図5の「ミニ旋盤」は上記の要件を満たしており、著者らは学生たちの「やる気」を引き出すために、実際に役に立つ卓上工作機械を作らせようと考えた。

5. 2 製作課題の機能と特徴

著者らが大学院生の実習課題として開発した「ミニ旋盤」は表6に示す機能を持つ。シンプルな構造ながら、独自の設計によって、次のような優れた特長を備えている。

(1) 据付面積がB5サイズ、重量3.1kgの小型、軽量である。

(2) 専用チャックを装備し、つかみ能力が最大φ60であり、主軸中心にφ10の貫通穴をあけ、長尺の被加工物にも適用性を高めている。

(3) 刃物台は送り目盛り付きである。

(4) 減速用歯車にカバーを施し、安全性を高めている。

尚、材料部品コストは表7の通りで一式合計40,000円である。

表6 「ミニ旋盤」の機能

サイズ	縦180×横130×高135 [mm]
モーター	DC25w
変速	無段階変速
刃物台移動量	縦30 横30 [mm]
つかみ能力	φ0.8-φ60
重量	3.1kg

表7 「ミニ旋盤」の材料部品コスト

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

5. 3 製作課題の構造と製作方法

「ミニ旋盤」の本体構成部品はすべて厚さ20mm(一部25mm)のアルミ板材に統一し、軽量化とコスト軽減を実現している。図6は各主要部と構成部品を示し、全製作部品点数は23点である。製作方法は次の通りである。

時間割	月	火	水	木	金
午前 9-12	製作説明 主軸台本体	往復台本体	往復台 ネジ立て	ベース CAD/CAM	ベース 脚部
	午後 1-5	主軸台 小物部品	往復台 小物部品	往復台 組立て	ベース 組立て 調整

(a) 主軸台

(b) 往復台

(c) ベース

図 6 各主要部と部品構成



図 7 機能動作確認のようす

製作を行い、それを基にして後半のマシニングセンターによるベースの製作を学ばせる構成になっている。このような実習展開はCAMの加工工程設計に役立つ。マシニングセンターによる工作を円滑に行える利得がある。実習指導は前述の指導マニュアルに従って遂行し、作業の安全と進捗状況に絶えず留意した。その結果、表8のプログラム通りに進行することができ、学生たちは「ミニ旋盤」を1週間で完全自作させた。

5. 5 課題の完成と自己評価

図7は「ミニ旋盤」の機能動作確認をグループ全員が協力して行っているようである。学生たちの大半は「作り上げた機械が実際に機能するのを確かめ、大きな達成感を持た」と述べており、アンケートに対して次のような回答をしている。

(1) 図面通りにできたか？

a) 完璧にできた、b) 多少の失敗を上手く調整した

(2) 製品の外観は？

a) 非常に良好

(3) 主軸の振れは？

a) ほとんどない、b) 少し振れている

(4) 切削動作機能は？

a) 特に問題ない

自己評価の結果から学生たちに製作課題を完成させた「満足感」を与えていることが推測できる。

6. 成果発表会

本実習は中級およびアドバンストコースのための成果発表会を開催している。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(アドバンストコース)を行っている。その後、図8に示すように評価会に移り、各



図8 評価会のようす

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(アドバンストコース)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今後の課題を明らかにする有益な機会となっている。最後には投票により両コースとも最も優れたグループを表彰し、技術職員自作の記念品を贈呈している。

7. 本実習がもたらす教育効果

本実習は機械系学部4年生ならびに大学院生を対象に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でなければならない。その意味において、各コースとも、自分たちが作り上げた製作課題が図面通りの形になり、最後の仕上げと調整を経て実際に機能する作品に成り得たという「達成感」をもってもらうことの意義は大きい。本実習がもたらす教育効果は次のようなものと考えられる。

- (1) 加工工程ごとの段取りが理解でき、今後、自らが行う設計製作を効率よく展開することができる。
- (2) モノをつくることによって、製作物の構造が理解でき、それを自らの研究の展開に役立たせることができる。
- (3) モノづくりの楽しさと難しさを体で覚え、モノをつくることの喜びを味わい、工学に対して積極的な姿勢をもつようになる。

8. あとがき

著者らが企画・実施した段階コースをもつ工作実習は次のような成果をもたらしたと考えている。

(1) 初級コース

自分で図面を起し、それを形にすることで自分のイメージを具現化していくことの難しさ・楽しさを実感させた。

(2) 中級コース

学生が構想段階から成果発表会に至るまで、さまざまな種類の体験をできるモノづくり実習プログラムとなった。

(3) アドバンストコース

大学院生が1週間で実際の「ミニ旋盤」を完全自作できる実習プログラムの構築と実践を行った。本コース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におけるプレゼンテーションの意義は大きい。学生たちが将来、技術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ものである。

謝 辞

本実習を進めるにあたり、企画に対する助言を頂いた名古屋大学大学院 松室昭仁助教授、開催の便宜をはかって頂いた主催の同大学工学研究科機械系教室、ならびに共催の創造工学センターの各位に心より感謝致します。また、論文投稿のご提案を頂き、執筆に際しましては懇切なるご指導を賜りました創造工学センター長 佐藤一雄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: 機械系学生を対象としたモノづくり実習(第1報), 平成16年度工学・工業教育研究講演会, 52(2004), 85-86
- 2) 千田進幸, 松浦英雄: 機械系学生を対象としたモノづくり実習(第2報), 平成16年度工学・工業教育研究講演会, 52(2004), 87-88

著 者 紹 介



千田 進幸

1976年、名古屋大学技官。現在、全学技術センター・装置開発技術系専門技術職員。主として、機械工作を中心とした装置の設計製作。1998年より機械系学生を対象に工作実習の企画・実施、2002年より学内の創造工学センターにて実施。