機械系学生に対するものづくり教育の取り組み*

Planning and Executing of Handcrafts Exercise for Mechanical Engineering Course Students

千田進幸** 梅原徳次***
Shinkoh SENDA and Noritsugu UMEHARA

Key words handcrafts exercise, education, mechanical engineering, student, technical staffs

1. はじめに

1994年、名古屋大学は大学院重点化を推進した。機械工学系ではマイクロシステム工学専攻が複合専門領域として設立された。それに伴い機械系教育における実学の授業科目は「機械創造設計製作」「設計製図」「機械工学実験」等に再編された。またコンピューターを使うシミュレーション教育が導入された。従来からの工作機械を使う「工作実習」の授業はなくなった。

一方、1998年、機械系教室では教育・研究を支援する機械系技術室が発足し、技術職員がこれまでの講座支援から教室全体を支援する体制に移行した。本学における自由闊達の学風のもと、ものづくり教育の必要性を唱える機械系教員と技術職員からなる自主的グループはものづくり実習講習会を立ち上げた。さらに2001年、本学は全国の大学に先駆け創造工学センターを設立した。同センターの活動の目的は座学中心の教育を補完する体験型のものづくり実習で工学の必要性・方向性を学生に実感・納得させることである。

本稿で報告する実習は前述のセンターを拠点とし、機械系学生を対象として企画・実施したものである。技術職員がプログラム企画から受講者の技術指導まで一貫して担当していることが特徴である。著者らは、実習の企画・立案について、年を追って試行錯誤を重ね改訂を加えてきた。

指導担当者のモチベーションは絶えず新しい実習テーマを創案することで達成される。それがより上質なものづくり教育の提供につながると考えた。その結果、学部初年から博士課程まで幅広い年次の学生を対象とする多様なレベルのプログラムが開発された。学部四年生以上を対象にしたコースでは毎年の受講が研究室の伝統行事として先輩から後輩に受け継がれてきた。発足から今日までの実習プログラムは時系列で順に述べると、(1)規格型・受動型の「課題設定型プログラム」¹⁾、(2)学生の創意工夫を引き出させる「創造性発揮型プログラム」^{2)~5)}、および(3)授業科目とのつながりを重視した「座学関連型プログラム」となる。以下にその詳細を解説する。

2. 実習プログラムの詳細

2.1 課題設定型プログラム

2.1.1 初級コース

初級コースは学部四年生を対象に実施しており、各年のテーマとして「小型文鎮」(’98年)、「トースカン」(’99年)、「SUS文鎮」(’00年)、「豆ジャッキ」(’01年)、および「はめあいゲージ」(’02年)(図1)を提案した。なお、’98年~’01年は前述の創造工学センターが設立される以前の取り組みである。本コースは工作機械を用いた加工方法の習得が主な目的であった。したがって、決められた製作図面をもとに工作物を作っていく規定型・受動型の実習で

*原稿受付 平成21年2月10日

**名古屋大学全学技術センター(名古屋市千種区不老町1)

***正会員 名古屋大学大学院工学研究科(名古屋市千種区不老町1)

千田進幸

1976年名古屋大学技術職員採用。現在、名古屋大学全学技術センター部局系技術支援室(工学技術系)装置開発技術系、技術班長、技術専門

職員。主に、機械工作を中心とした装置の設計製作に携わる。1998年より機械系学生を対象としたものづくり実習を企画・実施。

梅原徳次

1988年東北大学大学院工学研究科(機械工学専攻)博士後期課程修了。博士(工学)。2002年名古屋工業大学教授(工学部機械工学科)。2004年名古屋大学大学院工学研究科教授。現在、創造工学センター長。所属学会は、日本機械学会、日本トライボロジー学会。

小型文鎮

トースカン

SUS文鎮

豆ジャッキ

はめあいゲージ

図1 課題設定型実習 初級コース(’98年~’02年)

(a) ミニ旋盤 A4 サイズ ('02 年) (b) ミニ旋盤 B5 サイズ ('03 年)

図 2 課題設定型実習 上級コース

図 3 成果発表会のようなす ('03 年)

あった。指導形態は個別指導、1 人 4 時間とした。参加者数は毎年 35 名～48 名であった。指導者は 6 名であり、2 名ずつの交替制であった。

2.1.2 上級コース

本コースは「ミニ旋盤・A4 サイズ」('02 年) (図 2 (a)) および「ミニ旋盤・B5 サイズ」('03 年) (図 2 (b)) を題材とした。受講対象は初級コースを経験した博士課程の学生であった。本コースでは汎用工作機械はもちろんのこと、マシニングセンターの指導も取り入れた。実習全日程終了後に教室の関係者が集う、成果発表会を開催した (図 3)。その目的は (1) 学生にプレゼンテーション訓練をさせること、(2) 技術職員中心の取り組みを機械系教員に認知してもらう機会にすること、(3) 学生、教員、および技術職員の交流の場とすることであった。発表会では作品コンテストを開き、競い合う楽しさを盛り込んだ。最優秀グループには技術職員が自作した記念プレートを贈呈した。会ではさまざまな意見交換がなされ、次への課題が明らかになった。

「ミニ旋盤・A4 サイズ」('02 年) は部品点数が多すぎたため、部品全体の 3 割程度を指導者側から供給した。受講した学生から「すべての部品を自分たちで作りたい」という要望があった。「ミニ旋盤・B5 サイズ」('03 年) ではすべてを新設計することによりコンパクト化を実現した。その結果、部品点数が減少し、学生自らによる完全自作が可能となった。なお、完成したマシンは研究室へ持ち帰るため、利用に際しての安全教育を行った。実習は数人のグループ制で行い、指導時間は 1 グループ 40 時間とした。開催時期は授業に支障をきたさない夏季休業期間とした (以後すべての上級コースは同時期の実施とした)。参加状況

図 4 やじろべ製作実習 ('02 年～'06 年) 作品例

テーブルバイス ('03 年)

CD ラック ('04 年)

リフレッシュリング ('05 年) クイックバイス ('04 年)

図 5 創造性発揮型実習 初級コース

は '02 年が 33 名 (7 グループ)、'03 年が 14 名 (3 グループ) であった。指導体制は初級コースと同様である。

著者らは上記の課題設定型コースは加工作業とシステムの完成に満足をすることがあっても学生が創造的に考える余地がないことに限界を感じるに至った。

2.2 創造性発揮型プログラム

2.2.1 導入コース

本コースは学生の創意工夫を引き出す実習プログラムになっている。学部二年生の授業「材料加工学」を補完する実習としてやじろべ製作実習 ('02 年～'06 年) を実施した。はがき大の一枚の銅板を使い、4 時間をかけ、手作業で自由なデザインのやじろべを作らせる (図 4)。教育的ねらいは金属の弾性と塑性、加工硬化のような加工性を表す言葉を実感させることであった。また将来の技術者に不可欠な創造性・感性を培う教育効果も期待した。授業と切り離し、自主参加方式で実施したが対象の 85% 以上 (65 名～88 名) が参加した。本実習は創造工学センターが主催する市民公開講座のテーマとしても採用した。しかし、'07 年以降、やじろべ製作実習は教員と技術職員が協議して補完実験実習へと変更した。この実習は技術職員自作の試験機を使い、材料の変形特性に関して体験学習させる内容である。

2.2.2 初級コース

本コースでは「テーブルバイス」('03 年)、「CD ラック」('04 年)、「リフレッシュリング」('05 年)、「クイックバイス」('06 年) (図 5) を提案した。「テーブルバイス」は実験室で役立つ道具である。寸法設定に自由度を与え、

(a) ネジ立て機
(03年) (b) タップ機能付き
ハンドドリル (04年)

(c) タップ機能付きハンドドリル B5サイズ (05年)

図6 創造性発揮型実習 中級・上級

学生の創意工夫を引き出した。学生には指定の供給材料を使う製作図面を起こさせた。課題の基本設計は試作品を参考にさせた。実用に叶うさまざまな機構上の工夫が盛り込まれ、ものづくりの楽しさが実感できるテーマとなった。「CD ラック」はアクリル板を素材に取り入れたおしゃれな道具づくりを目指した。学生の知恵の出どころはラック中央の可動板のリンク機構にあった。学生が作りたくなる題材選びも実習成功のポイントとなることが認識された。「リフレッシュリング」はアウターリングとインナーローラーから成る、気分転換のための玩具であった。遊び心とものづくりの楽しさというのは非常に近い関係にあるという視点から題材が生まれた。「クイックバイス」は機械加工の補助に必要な簡易固定ジグを作らせるテーマであった。簡単なネジの締め付けではなく、部材間が「せる」現象によってはさんだ対象物が固定される。発表会では固定力の強さを競わせたが、固定力の発生原理や各部寸法取りの影響についての検討が不十分であり課題を残したテーマであった。初級コースは指導時間4時間、材料費は500円～1500円であった。参加人数は46名～65名であった。指導形態は個別指導、指導時間は4時間であった。

2.2.3 中級・上級コース

中級コースの対象は前述の初級コースを経験した博士課程の学生である。製作課題として自立型ネジ立て機(03年)(図6(a))を提案した。開発テーマは「誰でも簡単に正確なネジ立てができる道具づくり」であった。実用性を高めるためネジ立て頭部の自重をキャンセルする圧縮コイルバネを組み込んだ。学生の創意工夫を引き出すため、次のような実習プログラムとした。(1) 試作品を学生にみせる。(2) チャック部の可動範囲を設定させ、支柱と主軸長さを決定させる。(3) ハンドルは握りやすい形状に設計

初期型(06年)

改良型(07年)

図7 CDクラッシャー作品例

させる。(3) 安全性を考慮して角部は面取りをさせる。材料費は1台12000円であった。指導体制はグループ制であり、指導時間は20時間とした。参加状況は22名(6グループ)であった。

上級コースとして「タップ機能付きハンドドリル」(04年)(図6(b))、「タップ機能付きハンドドリル B5サイズ」(05年)(図6(c))を提案した。両機の開発テーマは「安全で便利な手作業の道具づくり」であった。「タップ機能付きハンドドリル」は前述の中級コースの発展形であり、ドリル機能を複合させたものである。学生の工夫のポイントはドリル機能とタップ機能の切り替え機構にあった。さらに「タップ機能付きハンドドリル B5サイズ」はポータブル化を目指し、折りたたみ式へと進化させた。このテーマでは設計の自由度を大きくした。指定のドリルチャックと歯車を使い、折りたたみ時のサイズをB5サイズ(高さ50mm)にすることを設計条件とした。設計のポイントは格納モードから使用モードへの切り替えにあった。材料費は1台20000円程度とした。参加状況は'04年が22名(4グループ)、'05年が14名(3グループ)であった。

さらに新たな製作課題として、「CDクラッシャー」(06年)(図7(a))、「改良型CDクラッシャー」(07年)(図7(b))を提案した。「CDクラッシャー」とはCDの情報を遮断するために切断破壊させる道具である。「CDクラッシャー」シリーズ(06年～07年)は材料コストをかけない、費用対教育効果の高い実習を目指した。CDを切断する円盤形切り刃はS55C丸棒から削り出させた。加熱用の電気炉と赤種油を用いた焼き入れ作業をも体験させた。学生の意見・要望を取り入れながら、'06年の実習作品を'07年で改良させるプログラムを試みた。設計の自由度を大きくするためマシニングセンターによる加工をより積極的に取り入れた。破断させる力が相当必要なが多くのグループの改善課題であった。材料費は'06年、'07年ともに1台4000円～5000円を目標にした。参加状況は22名(6グループ)('06年)、21名(5グループ)('07年)であった。本コースのプログラムでは学生の設計構想を事前に発表させる設計レビューが重要な役割を担う。製作可能な設計図ができるまで学生に考えさせるのがねらいであった。指導体制はグループ制、指導時間は40時間であった。

2.3 座学関連型プログラム

これまでの実習テーマは正規授業科目との関連性が乏し

図8 横置き2ピストン型スターリングエンジン（'08年）

かった。授業とのつながりのあるテーマならば学生の意欲をいっそう引き出せると考えた。'08年、著者らは座学とより関連するテーマとしてスターリングエンジン実習を立ち上げた。受講対象は学部四年生以上である。指導体制は前述の上級コースと同様のグループ制である。本エンジンは次のような特徴をもつことが知られている。(1) 簡単な構造の外燃機関である。(2) 熱サイクルを体現できる教材である。(3) 機械要素の一つのクランク機構による動きを実感できる。(4) 性能を数値化して評価することができる。したがって本テーマは機械系専門科目の「精密加工学」、「熱力学」、「機構学」、および「学生実験」などの授業内容に結びつく。学部二年生の授業「熱力学及び演習」および三年生の授業「機械工学実験」の中でエンジンの実機を紹介した。ものづくりに早い時期から関心をもってもらうためであった。試作したエンジンは横置き2ピストン型スターリングエンジンである(図8)。ピストンとシリンダーにガラス注射筒を流用した。回転部には4個のミニチュアベアリングを用いた。プログラムの特徴は事前講習会として(1) エンジンの歴史、(2) 作動原理と特徴、(3) 設計方法、(4) 製作図面の作成、の指導を行ったことである。その後、機械工作による部品作製、組立・調整を経て、作動試験を行う。エンジンの予備知識をもって実技に臨ませることが教育効果を高めると考えた。完成させたエンジンは百円ライターで回すことができた。全日程終了後には成果発表会を開き、性能比較コンテストを盛り込んだ。材料費は1台3800円であった。指導時間は事前講習会6時間、機械加工12時間、組立・調整4時間であった。参加状況は27名(5グループ)('08年)であった。

2.4 実習の教育効果

著者らは実習の教育効果を検証するために終了ごとにアンケート調査を実施した。設計製作については「図面を正確に作成することの大切さを学んだ」、「実際に設計、工作することは理論だけでは違った難しさがあることを実感した」と述べた。全体としては「簡単なものでも一から製作することの大変さを学んだ」、「機械工作は使い方次第で加工精度や仕上げ面性状が変わってしまう。それを考えて加工しなければならない」また、「失敗したとき、どのように対応するかを考えることが大切だ」と述べた。どれも座学のみでは知ることのできない実習体験から得られた認識であった。

創造性発揮型実習終了者による学生座談会も開いた。それによれば、大学入学までのものづくりの経験がほとんどない者が多かった。わずかに小学生のときに夏休みの宿題で紙工作をしたかプラモデルを作った程度であった。実習の参加動機は、「自分で機械加工をすれば機械の特徴を知ることができ設計に役立つと思ったから」、「研究室の伝統として毎年参加しているから」と回答した。受講して強く印象に残ったことを尋ねると、「一から自分でものを作ることによって自信と満足感が得られた」と答えた。「成果発表会で他のグループと競うことは俄然やる気が出た」という意見もあった。製作課題の自由度については必要という意見が多数であった。「テーマによっては実際に作る時間より構想に何倍も時間がかかるがそれも楽しい思い出だ」と述べた。以上のように本コースの取り組みについて概ね肯定的なコメントが得られた。

座学関連型実習では「授業で習ったことを思い出しながら取り組めた」、「ものづくりの構想から作動試験までの一連の道筋が良く分かった」と述べた。著者らの企画・立案のねらいが確実に学生に浸透したことを確認できた。

3. 実習プログラムの応用

前述のスターリングエンジン製作実習は'08年より、創造工学センターが主催する各種ものづくり講座にも採用している。具体的には(1) 学内の学生・教職員を対象とした「ものづくり公開講座」(一日コース、年2回開催)、(2) 海外からの留学生・教職員を対象とした「留学生向けものづくり公開講座」(半日コース年1回)、および(3) 一般市民がものづくりを体験する「ものづくり市民公開講座」(一日コース、年2回開催)である。今後の構想として、実習システムを携帯して移動指導できる出張ワークショップなども視野に入れている。

4. おわりに

以上のように著者らの11年間にわたる、ものづくり教育を紹介した。その取り組みは学生の意欲を引き出させるための試行錯誤の積み重ねでもあった。テーマの創案は指導者のモチベーションにもつながった。ものづくりの楽しさが工学学修への意欲向上につながることを期待して今後もこの取り組みを継続していく所存である。

参考文献

- 1) 千田進幸、他：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)、日本機械学会論文集(C編)、**71**, 710 (2005) 235-240.
- 2) 千田進幸、他：大学1、2年生のための感性・創造実習やじろべ製作、工学教育、**53**, 1 (2005) 53-56.
- 3) 千田進幸、他：機械系学生を対象としたモノづくり実習・企画と実施、工学教育、**53**, 1 (2005) 83-88.
- 4) 千田進幸、他：学生の創造性を発揮させるモノづくり実習コースの開発、工学教育、**53**, 5 (2005) 49-53.
- 5) 山本浩治、他：創作型モノづくり実習「CDクラッシャー」の設計製作、工学教育、**56**, 4 (2008) 27-32.