創作型モノづくり実習 「CD クラッシャー」の設計製作

Creative Practice : Design and Manufacturing of 'CD Crusher'

山本 浩治^{※1}
Koji YAMAMOTO

千田 進幸^{※1}
Shinkoh SENDA

福森 勉^{※1}
Tsutom FUKUMORI

佐藤 一雄^{※2}
Kazuo SATO

A practice program for graduate students in mechanical engineering has been developed. The task of this training is to design and manufacture an original 'CD crusher', a machine to mechanically destroy compact disks after use. This is a competition among groups of students creating their original CD crusher which fulfills the regulation. The regulation is that the crusher has to use rotational blades cutting the CDs. Same sized blades are supplied to the students groups. They are fabricated from a steel bar through cutting, annealing and quenching processes by the presence of students. Technical staffs are ready to help students on the whole way of the practice. However, they encourage initiative by the students from planning to manufacturing. Students satisfied at the practice according to the comments after competition.

Keywords : Fabrication of Equipment, Advanced Class, Originality and Creativity

キーワード：装置づくり，アドバンストコース，創意工夫

1. まえがき

我が国が工業生産で国際競争力を維持・向上するには、新しいものを創作する技術開発が不可欠である。しかし、最近の傾向では工学部に入学時点でモノづくりに興味を示さない学生が少なくない。モノ作りは技術開発の原点であるという観点から、多くの大学の工学系学部でモノづくり実習を通じた技術系人材の育成が行われている。例えば、静岡大学では工学部1年生全員を対象としてBASIC stamp を搭載した3輪ロボットを製作する実習を1年間通して3段階で行っている例がある¹⁾。

これに対して、名古屋大学工学部のカリキュラムでは、実践的教科として、機械創造設計製作、機械工学実験、設計製図（全て3年次）があるが、いずれも、工作機械を使う現場体験型の授業形態ではない。これを補完する形で、技術職員が中心となって自主参加する学生を対象に創造性モノづくり実習を行っている。これは著者らを含めた複数の技術職員が創案したもので、内容と難易度において多彩なメニュー（初級、中級、アドバンストの3段階のコース）を開発してきた²⁾。特に、大学院生を対象とするアドバンストコース³⁾、は平成16年度以降、製作物の機能・デザインに

学生の創意工夫を要求することによって、学生の自主参加意欲をかき立て、多くの参加者を得てきた。平成18-19年度のアドバンストコースでは、使用済みコンパクトディスクの情報遮断器「CDクラッシャー」を新たなテーマとして実施した。本論文はこの実習コースの開発から実施結果までの詳細を述べるものである。

2. 実習の目的と特徴

本実習は次のような目的を持っている。

- (1) 発想－設計－加工－組み立て（完成）までの間に起こる各種の問題について、その原因的な把握とその解決のための取り組みの重要性を認識させる。その過程で、参加学生に、モノづくりに必要な、課題への自主的な取り組みの姿勢を学ばせる。
- (2) グループによる共同作業を通して協調性を育むとともに、各自が分担部分を全うする責任感も養う。
- (3) 単に新しい機構の創案にとどまらず、実用性・安全性・生産性・経済性なども考慮させる。

本実習の特徴は以下の通りである。

- (1) 大学院生を対象として、専門科目の履修と実習基本コースを修了した学生に、高度な総合力を要する内容とする。機械工学系技術者に必要な「考え」「作り」「動かす・使う」を実践させる。
- (2) 創造設計能力の向上を目指して、独創的な機構やアイデアが発揮しやすいように形状や機構などの自

平成20年2月22日受付

※1名古屋大学全学技術センター

※2名古屋大学工学研究科

図1 製作課題CDクラッシャーの試作機

由度の幅を大きく設定する。これを可能にするため、マシニングセンタによる3次元加工を積極的に使う。

- (3) 創造性に溢れたものを考えるのに加えて、世の中に製作物が受け入れられる条件を考えさせる。そのため、商品価値のある製品「CDクラッシャー」を作るということを事前に認識させた。さらに、コンテストでの発表項目に製作時間・製作費用を加えた。

3. 実習の概要

本実習の概要を表1に示す。著者らが試作したCDクラッシャー(図1)を参考として見せている。しかし、学生たちにはCDを切断する機構や形状は自由設計とさせた。使用する材料は一定の範囲で自由を認めるが、切り刃が回転して切断する構造であることは指定した。刃部の材質は炭素鋼S55C丸棒を用い、焼き入れを行う。刃部を自作させることで熱処理についても学習できる効果がある。参加者の構成は研究室単位の数名からなるグループ制で行う。設計レビューは担当技術職員を交えて行い、製作上に問題がなければ図面を作成する。その後、機械工作に取り掛かる。また、

表1 実習の概要

実習期間	9月～11月
参加資格	実習基本コース修了者 (主にM1)
参加方式	グループ制
参加グループ数	6チーム(22名)
設計指導	設計レビュー(数回)
機械工作時間	
汎用工作機械、マシニングセンタ 焼き入れ作業、組み立て調整	40時間以内
製作費用	4,000円程度
作業内容の把握手段	作業日誌
作品アピールの場	成果発表会

図2 学生が考案したCDクラッシャースケッチ画の一例

汎用工作機械以外にCAD/CAMマシニングセンタなどの利用も含めている。各日の実習後に、使用材料の種類や大きさ、作業時間、次回担当者への申し送り事項などを記載した作業日誌を付けさせ、完成後、これをもとに製作経費を計算して提出させた。

4. 実習の実施

4.1 設計

学生が考案したCDクラッシャーのスケッチ画(図2)から設計を行い、作成した図面をもとに機械工作開始1ヶ月前から設計レビューを行っている。設計レビューでは参加学生が製作するCDクラッシャーの構想、特徴、加工方法について、技術職員の前でプレゼンテーションを行うもので複数の職員が対応している。この時、設計に関する問題点(開発手法の弱点)を指導者と学生が議論し、学生は自らのアイデアでこれを解決している。

4.2 機械工作

初めに、汎用工作機械を使い、ついでCAD/CAMマシニングセンタを用いて加工を行う。それぞれの加工時には作業する学生に対して指導者1名が付く体制をとっている。図3は旋盤による加工であるが、このような汎用工作機械で加工するときの回転数・送り速度を体感することは、後にCAMを行う際の加工条件を入力するさいに有効である。安全作業のために作業

図3 汎用工作機械(旋盤)による加工

図4 3次元加工用のツールパス

図5 マシニングセンタによる加工

帽，保護めがね，作業服の着用を義務付けている。

次に，CAD/CAM，マシニングセンタについて説明する。CAD/CAMシステムとしてCADCEUS（日本ユニシス），マシニングセンタはMB46VAE（OKUMA）を使用している。今回の実習では，汎用のフライス盤では製作が困難な形状の部品に対して2次元加工，オリジナルのイラスト，名称などの加工には，図4に示すようなツールパス（経路）を作成し，3次元加工を行った。図5は学生自らマシニングセンタによる加工を行っている様子である。CAD/CAMで作成したNCデータをマシニングセンタに読み込み，最初はNCデータの内容を理解させるために慎重に指差し確認を行いながら加工原点，工具，工具長補正の確認を行っている。また，汎用工作機械と違い加工時は扉を閉めることで安全が確保されている。

4.3 焼き入れ

焼き入れ処理は各チーム合同により指導者立ち会いの上で行った。旋盤加工で作製した切り刃（図6）の硬度を高めるためである。電気炉を用いて図7の熱処理線図で示すように作業を進め，850°で90分間保持した後，冷却油は油焼き入れとして赤種油を使用した。焼き入れ完了後はビッカース硬さ試験機により硬度測定を行い，焼き入れ効果として切り刃の硬度がHv230～Hv250からHv550～Hv580に上昇していることを確認させている。

図6 旋盤による切り刃の切削

図7 S55C 炭素鋼の熱処理線図

図8 組み立て作業の様子

4.4 組み立て調整

加工を終えた部品が図面通りに製作できたか確認後，組み立て工程に入る。（図8）CDがうまく破壊できるか否かは切り刃の位置調整が大きなポイントとなるため，各チームとも慎重に切り刃の調整を行い，所望の効果を発揮できているか確認した。ここで，問題となるのは上手く破壊できなかった時である。重要なことは失敗で終わるのではなく，最後まであきらめずに目的を達成する気持ちを持たせることである。改良を重ね，学生自身が納得するまで行うことが必要である。アイデアは一瞬にして生まれるものなので，時間が超過しても学生がモチベーションを発揮している時は協力を惜しまない姿勢が大切である。実際，指導者が時間を忘れ学生とともに熱中することもしばしばあ

表2 製作時間の内訳と材料費

① 設計構想	2.0 h
② 設計レビュー	2.5 h
③ 汎用工作機械	14.5 h
④ CAD / CAM	1.5 h
⑤ マシニングセンタ	3.5 h
⑥ 焼き入れ作業	0.5 h
⑦ 組み立て調整	2.5 h
実習時間合計	26.5 h
材料費合計	4,070 円

り、学生の気持ちに込めている。このようなことが可能であるのは本実習が授業としての単位を持たない自主参加型であることによると考えている。

5. 製作時間と材料費

CDクラッシャーの設計製作に（構想から完成まで）必要とした時間と材料費を図2のスケッチ画を作成したチームを例として表2に示す。このチームは予定していた製作時間40時間を下回り、材料費も4,070円と低コストで製作している。

6. 作品の紹介および実習データ

6チームがそれぞれ違う機構（CDの切断方法）を考えて製作したCDクラッシャーのうち、特徴的な4つを図9に示す。図中の矢印は切り刃が切り込む方向を示し、破線は切断ラインを示している。

Aチームの作品は、CDとゴムの付着力により、CDが切り刃に対して容易に切り込むように考案されている。学生が挙げた利点は、縦型形状でコンパクトな点であり、欠点としては、切るときの抵抗が大きく、かなりの力を必要とする点である。改善策として、切断抵抗を小さくするため切断方法を3分割から2分割にする。および大径と小径のギヤを組み合わせることで切削力を高めることを挙げている。

Cチームの作品は、CDの丸い形状を利用して切断することを考案している。学生が挙げた利点は、コンパクトな点であり、欠点は、切断に強い力を必要とすること、刃のセッティングが毎回必要な点である。改善策として、刃の固定方法を変更することを挙げている。

Eチーム作品は、切り刃を押し込んでCDをザクザク切る（缶切りのような感覚）ことを考案している。学生が挙げた利点は、素早くCDを破壊でき、破壊したゴミが飛び散らないように囲いがあり、処理が容易な点である。欠点としては、CDの脱着がワンタッチで出来ない点である。改善策として、CDの固定をジャムの瓶のふたのようなワンタッチねじにすることを挙げている。

Fチームの作品は、今回の最優秀賞を受賞した作品

図9 破壊方法が異なる学生の作品

であり、シンプル・スピーディー・低コストをコンセプトとして考案されたものである。名称のFMYは3人の学生の頭文字をとっている。学生が挙げた利点は、低コストで破壊時に爽快感が味わえる点である。欠点としては、CDを切るときに若干の危険性がある点であり、改善策として、安全性を高めるためのストッパーを付加、力を入れずに切れる仕組みを考えることを挙げている。

次に今回の実習の目的の一つでもある材料コストと製作時間について図10にまとめた。ほとんどのチームが目標の4,000円、および40時間以内で実習を完了している。今回、最優秀賞を獲得したFチームは材料コスト、製作時間ともに他のチームより優れていることがわかる。これは、構想の段階で材料費と製作時間を少なくできると考えた上での結果なのか、偶然、思いついた構想で良い結果が表れたかは不明である。A、B、C、Eチームは材料費、製作時間がほぼ同等の条件での競争になった。これに対しDチームは、折りたたみ式にしたことで材料費が高くなってしまったようである。いずれにしても、同じものが無い独創的な作品を完成させている。

7. 成果発表会

製作した作品をアピールする場として各チームの完成作品を持ち寄り成果発表会を行った。成果発表会の参加者は、アドバンストコースと初級コース「クイックバイスの製作」⁴⁾を併催したため、両コースに参加した学生に教員、指導者、実習に関心をもった学生を加えた約80名で開催した。成果発表会は次の3部から構成される。(1) 学生プレゼンテーション、(2) 切断

図10 製作時間と材料費

図11 成果発表会における学生プレゼンテーションの様子

実演、(3) 品評会による相互評価。学生が出展作品を鑑賞し、相互評価することはモノづくりには大いに意義がある。図11は参加チームの代表者がプレゼンテーションを行っている様子であり、製作したオリジナルのCDクラッシャーを手に持ち製品としての機能や能力また商品価値などをアピールしている。このような発表の場を与えることは学生にとって、自己表現の必要性を学ばせるために重要なことと考える。プレゼンテーションの後、切断実演により作品の性能を紹介する。これにより、聴講者の関心が一層、高まってくる。最後に品評会を行い、最優秀賞を投票により選出している。投票は参加学生以外で行い、学生プレゼンテーション・作品の独創性・機能性・デザイン性・安全性・材料コスト・製作時間を評価要素とした。このように賞を設けることは競争心を持たせるために重要なことである。最高得点のグループには図12で示す指導者自作の最優秀賞プレートを記念品として贈っている。

8. アンケート結果

実習終了後に行ったアンケート結果の一部を図13に示す。「創造性が発揮でき実践的な実習ができたか?」との問いに程度の差はあるが95%の学生ができたと回答している。一方で、できなかったとした学生が5%いる。また、「授業との関係で理解が深まったか?」との問いにある程度の差はあるが100%の学生が深まったと回答している。その他の設問の回答もほぼ同様の結果であり、本実習はおおむね受講者に満足される内容であったと評価できる。この前年までの製作課題である前述の「タップ機能付きハンドドリルの設計

図12 指導者自作の最優秀賞プレート

図13 実習内容に関するアンケート結果

図 14 学生たちの作品に対する自己評価

製作」から「CDクラッシャー」へのテーマの変更は、以上のアンケート結果から、新たなアドバンストコースのテーマとして成功したものと判断した。

また、完成した作品に対する評価を10点満点で自己採点してもらった結果を図14に示す。成果発表会で最優秀賞になったFチームが最高の自己評価10点を付けているが、10点の内訳は実質9点と賞を獲得した自分自身の褒美に1点を加えたと答えている。このようなモノづくりに対する謙虚な回答が印象に残った。また、上手く破壊できなかったCチームは最低の2点を付けている。その他のチームは破壊に成功したにもかかわらず5点から8点を付けている。これは、破壊することだけが今回の実習の目的ではないことを学生が良く理解していることに他ならない。興味深いところは「次の機会があればどのように改良したいか？」の問いに全チームが積極的に意見を出していることである。これは、更なる改良を意識させるものであり、参加学生のモノづくりに対する意欲向上の表れでもある。

9. 本実習がもたらす教育効果

モノづくり実習は、学生たちが今後、工学を深く広く学ぶための関心・意欲を喚起する内容でなければならない。学生の考案した「CDクラッシャー」が構想通りの形に成り得たという「達成感」をもつ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) 学生自身が自主的に構想し、設計を行うプログラムのため、モノづくりに対する開発力が養われる。
- (2) 設計レビューを行うことにより、良い意味でプレッシャーがかかり、構想・設計を真剣に考えるようになる。これにより、第3者に理解させる表現力が身に付く。
- (3) 汎用工作機械に加え、CAD/CAM、マシニングセンタを利用させる加工指導は、より高度な作品の構想をうながし、同時に、より実践的な実習指導プログラムと成り得る。
- (4) 製作した作品を発表会において他の学生の作品と

相互評価しあうことで、改善点を導き出す機会となる。

10. あとがき

著者らは学生たちが将来、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。そのために新しい企画を取り入れ、学生の意欲を引き出す創成型モノづくり実習プログラムを開発してきた。

本稿では、製作課題を変更し、従来の創成的要素に加え、製作時間や材料費を意識した設計を求める実習を行った。実習のデータ、学生に対するアンケートの結果から、限られた時間と費用で効果的な実習が企画・実施できたと考えている。今後の課題として、本実習は研究室単位で参加していることから、今後は先輩から後輩に引継ぎ、改善・改良を継続的に重ねていけるような実習テーマの開発を考えている。

謝 辞

本実習は名古屋大学大学院工学研究科機械系教室の協力を得て実施したものです。関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 藤間信久(静大), 他6名: 工学部新入生を対象としたものづくり導入教育, 日本機械学会東海支部第56期総会講演会講演論文集('07. 3. 7-8), 073-1, 2007
- 2) 千田進幸, 山本浩治, 他3名: 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, pp.49-53, 2005
- 3) 山本浩治, 千田進幸, 他4名: 機械系学生を対象としたモノづくり実習(第6報)上級: 「タップ機能付きポータブルハンドドリル」の製作, 平成18年度工学・工業教育研究講演会論文集, pp.372-373, 2006
- 4) 千田進幸, 福森 勉, 他2名: 機械系学生を対象としたモノづくり実習(第7報)初級: 簡易固定具「クイックバイス」の製作, 平成19年度工学・工業教育研究講演会論文集, 073-1, pp.63-64, 2007

著 者 紹 介

山本 浩治

1987年、名古屋大学技官。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、技術主任、技術専門職員。主として、CAD/CAMを用いたマシニングセンタによる装置の設計製作に携わる。2002年より機械系学生を対象とした工作実習を企画・実施