

解説 Explanation

製造学科における技能教育の実際

—旋盤加工実習—

原稿受付 2012年3月13日
ものづくり大学紀要 第3号 (2012) 83~87

細田保弘

ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科

Hands-on Education of Machining in Dept. of Manufacturing Technologists -Lathe Machining Practice-

Yasuhiro HOSODA

Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

1. はじめに

本学の6つの基本理念の中には、「ものづくりに直結する実技・実務教育の重視」がある。技術を理論からのみ学ぶのではなく、実際に「もの」に触れてその本質を感じ取り、自分の体を使い五感を通してものづくりを体験・体得し、ものづくりに興味や問題意識を持ち、自ら学習し改善策や問題点の解決策を考える。そのような体験技能から技術を生み出す授業を実践している。筆者はその中の機械加工実習の授業を担当してきた。

筆者は、大手電機メーカー（日立製作所）の研究所で、研究用の設備や開発・試作装置などを製作する現場において、三十数年間にわたり機械加工に従事してきた。その間、技能五輪国際大会に参加し、旋盤職種部門で金メダルを獲得した。それらの実績から平成13年の開学と同時に、本学の機械工作実習（1年次・2年次の旋盤加工）の教員として就任した。

2. 旋盤の構造と機能

工作機械の基幹職種は、旋盤・ボール盤・フライス盤などである。旋盤は回転する加工物に刃具

（バイトと呼ばれる）やドリルなどにより軸加工や内径加工などの円形状の切削加工を行う最も一般的な工作機械である。工作機械には、自動機（CNC旋盤、NC旋盤など）や汎用機（マニュアル操作するもの）がある。製造現場では自動機が主流であるが、汎用旋盤は、開発・試作品の部品加工や、各種治具・メンテナンス部品などの多品種少量生産や単品部品製作などに、今でも多く使用されている。また、技能教育用の機械として、企業内の技能訓練用や訓練校・工業高校・工学系大学などでも使われている。本学では、汎用の普通旋盤20台を実習に使用している。図1に概略図を示す。

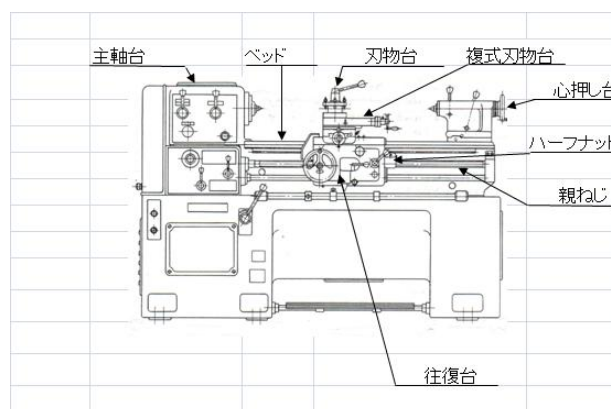


図1 汎用旋盤概略図

3. 企業における技能教育

企業においては、技能を専門とする社員の育成のため、企業内技能訓練学校や技能道場、OJT (On-the-Job Training) により、先輩から後輩への技能伝承が行われている。また、青年技能者の技能訓練の成果を競い合う場と国際交流を兼ねて技能五輪がある。

職場の特性も踏まえた実践的スキルを身につけるには、OJT が基本となると思われる。実践的能力の向上にはもっとも効果的な訓練手法であろう。しかしながらその手法は、授業という単位で区切られた大学での教育とは当然相容れない部分が多く、また基本を重視して幅広い視野を育てる大学教育とは目的も異なる。大学における技能教育の参考となるのは、やはり企業内学校や技能五輪訓練であろう。

企業内学校は対象者に応じていろいろな形態があるが、新入社員対象に基礎から教えるものでは、数ヶ月から1年近くにわたりフルタイムで授業があり、生徒は寝ても覚めても加工や生産のことを考えることになる。技能五輪訓練は、もともと高度なスキルを持つ選抜された生徒を対象に行われるものであり、基本技術向上とともに、自ら技能開発し感性を磨くための能力開発が行われる。

このように企業で取り組む技能訓練は、大学における技能教育とは当然主たる目的もかける時間も異なる。しかしながら、大学において短期間で技能の初歩から一応のポイントまで押さえ、技能そのものだけでなく、技術へと展開する感性を育てる手法について、企業内学校と技能五輪訓練から得られるところは多い。

4. 製造学科における技能教育

4.1 シラバスの内容

シラバス作成に当たっては、①ものづくりは危険が付きものという事から「安全教育の徹底」②機械加工の切削理論や加工方法・測定方法などの「基本を知り、身に付けさせる」③製品が出来たときの喜び「ものづくりの楽しさ」を体験できる授業にしようと考えた。

1年次の機械工作実習形態は、筆者が担当する旋盤加工の他に、仕上げ加工（測定・ボール盤加工・ヤスリ掛け・タップダイス加工）、フライス盤加工、溶接作業の計4つの実習授業があり、6～9クラス（1クラス20名以下）に分け、週一回、午後の半日を使い、それぞれ8回、計32回の授業を1年で実施する。旋盤は瀧澤製作所の普通旋盤（4尺旋盤）を20台使用している。一人1台で実習できるので、全員が機械に触り、楽しく加工できるように課題を作成した。

本学の学生は普通科高校卒業生が約7割、工業高校卒業生でも機械系学科以外の比率が高く、「旋盤」「フライス盤」などの工作機械を入学して初めて見るという学生が半数以上おり、実際の機械加工となるとほとんどの入学生が未経験である。したがって安全教育にはかなり力を入れている。一方、日常触れることのない強力な機械に対する拒否反応を持たせないよう、「おもしろさ」「楽しさ」も重視した授業設計を行っている。

開学当初はこのような未経験学生がどこまで授業についてきてくれるか心配したが、さすが「ものづくり」を指向する学生たちだけあって、真剣に興味を持って取り組む姿勢には、逆に少し驚きを感じたほどであった。

4.2 指導方法

技能を身につけさせる方法は、「基本・ノウハウを教え、成功して覚える」「あまり教えず何度も失敗・成功を繰り返して、失敗から覚える」の二通りがある。失敗から覚える方法は、より理解が深まり、芯から身につく方法と言ってよいであろう。しかし大学での授業は、時間が限られており、また、技術への展開が主目的であって、技能向上は二次的な意味合いとなることから、前者の方法をとっている。

筆者の基本的な指導方法は、技能五輪の指導時に使用したもので、簡単に言うと山本五十六元帥の語録にある「やって見せ 言って聞かせて させてみせ 褒めてやらねば人は動かじ」という指導方針に則った方法である。

「やって見せ」では、まず自分が加工して見せる（百聞は一見にしかず）。次に「言って聞かせて」では、加工方法・加工手順、測定方法などの

基本理論を理解させる。さらに「させてみせ」では、実際に学生に加工させ、それを見て学生個人々に合った指導を行う。人それぞれにはものづくりの器用さ・不器用さがある。良い所は褒める。出来ない人にはその人の持っている潜在能力を見つけてやる。最後に「ほめてやらねば人は動かじ」では、仕上がった製品をみんなの前で、寸法公差内に入っているかどうかや、ねじのはめあいや仕上げ面、全体の出来栄え状態などを採点し、成果を定量化して示す。

最後に提出するレポートの感想には、「難しかったが良い点が出てうれしかった」「加工は面白かった」「ネジで失敗したのが悔しい」「もう一度チャレンジしたい」など全体に良かったという感想が多く書かれている。

4.2.1 安全

実際に加工に入る前には、「服装・めがね点検」「工作物・バイトが確実に締まっているか」「立つ位置を注意」「機械操作を十分に行い体に覚えさせる」など安全を確認するとともに、加工手順・機械操作などをイメージトレーニングさせてから作業に入っている。

学生の中には器用な学生もいるが、大半はものづくりの経験があまりないせいか、工作機械を前に恐々とする学生が多い。そこで、安全の第一歩は「確認」、良いものを作るには「集中」、加工するときは「慎重かつ大胆に」を言い聞かせながら指導している。

20名の学生を一人で教えるので、安全に対しての気配りでいつも緊張する授業である。幸いにも11年間、授業では無事故・無災害である。開学3年目からは、学生(4年生)のTA(Teaching Assistant)をおいている。TA学生にとっては、教えることによる技能習得や安全意識を身に付ける良い機会だと思っている。

4.2.2 旋盤実習授業(加工)

旋盤による加工の特徴がよくつかめる、ねじ切り加工を題材としている(図2)。切り込みや送りなど、旋盤加工に特徴的な動きがもっとも体感できる加工と考えられる。

実習に入る前に必要なことは、安全心得・旋盤の各部名称・機械の仕組みと機械操作であるが、

実際に加工する上で重要なことは切削加工条件を良く理解させることである。切削加工条件には切削速度(被削材の回転速度)・切り込み量(工具の被削材への食い込み深さ)・送り量(被削材軸方向の工具の移動速度)があり、被削材の材質や刃物の材質・形状によってそれぞれの数値を適切に選択しなければ、荒削り時の切粉処理、寸法精度、仕上げ面粗さ、刃物の寿命などに大きな影響を与える。

これらを最初の2回の授業で行い、3回目から初めて実際の加工に入る。荒削り加工、中仕上げ加工、ねじ切り加工、仕上げ加工と進み、計8回の授業で課題を完成させる。

4.2.3 成績評価

成績の配点は、課題の完成度が50点満点、出席点が20点、レポートが25点、機械の清掃整理が5点の合計100点満点である。課題の採点基準は、寸法公差から外れると減点され、全体の出来上がり具合、ねじの仕上げ面とはめあい具合なども上・中・下で判定し、すべて減点方式である。

4.2.4 学生の反応

外径と全長に、仕上げ寸法に対して1mm余裕を残した荒削りと、0.25mm残した中仕上げが終わると、第1関門のねじ切りがある。ねじは、M20(20mm径のねじの呼称)を、荒削りから仕上げまでヘール式と呼ばれるねじ切りバイト(刃工具)一本で加工する。加工方法は、形状の基本となる親ねじを用い、これに倣ってバイトが送られるようにセットし、正転でねじを切り、逆転で戻すス

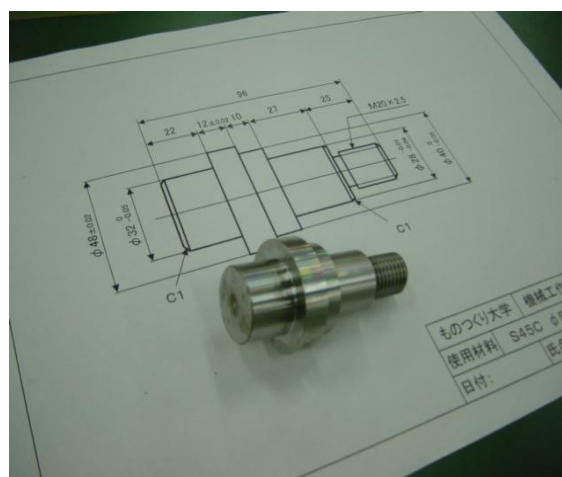


図2 実習課題

イチバックと呼ばれる方法である。切込み方法は斜進法と呼ばれる方法で、20回の繰り返し切削で仕上げさせている。

学生がよく失敗する所はねじの逃げ溝で、スイッチと刃物を逃がすタイミングが合わず溝壁にぶついたり、切込み量を間違えたりすることが多い。荒削り・中仕上げまでもたついていた学生でも、納得いくまでねじ切り練習し、一回一回慎重に確認しながら加工した学生が成功している。ねじの得点は大きいので、仕上げ面・ハメアイが上手く出来たものは第一難関突破である。

次に得点に大きく影響するのが寸法決めである。仕上げ代を直径で0.2~0.3 mm 残し、同一条件・同一寸法で二回仕上げをする（同じ切削速度、送り量、切り込み量で二回加工する）。次に被削材の外径にバイトを当て、0.1~0.15 mm 程度切削し外側マイクロメータで外径を測定した後、寸法公差（許容される寸法の誤差範囲）の真中を狙って切込み目盛りを合わせ仕上げる。

目盛りの読み方・使い方を理解したものは、機械の最小目盛りが0.04 mm であるにもかかわらず、公差範囲0.03~0.04 mm を実現する。八割以上の学生が公差内の加工に成功している。失敗原因の多くは、削り代の計算間違い・機械目盛りの読み間違いや測定の不正確さである。にっこり笑う学生と、悔しがる学生とで分かれる所でもある。

これまで11年間、多くの学生がチャレンジしているが、満点はなかなか出ないものの、平均は約80点を得ている。最低でも60点以上の成績を残してきた。図3に実習風景を示す。

4.2.5 2年次での応用編

以上は1年次での授業であるが、2年次になると、4種類の加工を実習する「応用機械実習」の中のひとつとして旋盤の授業がある。

課題は、1年次の類似課題にオスメステーパ仕上げ（外径・内径が先すばまりになった円筒形状加工）・内径仕上げを加えた二点部品の組み合わせ製品である。2年次になると、機械加工以外にもいろいろな実習を積んできた経験からか、1年次には言われたとおりに進めるのが精一杯だった学生も、課題の難度が大きく増しているにもかかわらず、70点以上を獲得できるようになる。1年次



図3 実習風景

にはなかなか出ない満点に近い得点を獲得する学生も数人出る。

1年次に失敗した学生は闘志を燃やし良い成績を残し、逆に1年次に高得点を獲得した学生は思わぬ失敗をするなど、製品を作る上での心構えに通じる体験もしているようだ。2年間で「機械加工の基本技能」や「ものづくりの心」が学生に着実に芽生えてきていると感じられる。

5. 授業外の指導

5.1 技能検定

本学における技能実習の意義は技能や加工現象を理解するところにあり、「技」自体の上達にはあまりこだわっていない。しかしながら、技能を向上させようとする意欲と、技能を理解しようとする意志は共通する場合も多いため、技能向上のモチベーションを上げる方法を模索してきた。

幸いにも平成16年度から技能検定の受験資格が大幅に緩和（実務経験のない者でも受験出来る）されたので希望者を募ったところ、6名（3年生5名、4年生1名）が応募してきた。大学の夏休みに合わせ技能検定2級（普通旋盤作業）に挑戦させた。大学には、一般に使われる検定用の6尺旋盤（池貝鉄工）は2台しかなく、旋盤を占有して練習できる環境にはなかった。また、練習期間は3週間という短期間の訓練だったが、見事全員が高得点で実技合格した。内2名は実技採点が満点で、埼玉県より「第12回彩の国職業能力開発促進

大会」に於いて「優秀賞」を表彰された。

平成 20 年度は 12 名(内 2 名が女子学生)の受験者がいたため、2 台の 6 尺旋盤では対応できないので、4 尺旋盤に変更した。4 尺旋盤での実技試験は、機械剛性・精度や操作性など不利な点があるが、3 名(内 1 名が女子学生)が「優秀賞」を授与した。

延べ8年間で46名がチャレンジして全員が高得点で実技を合格した。その内の 13 名(内 1 名が女学生)が埼玉県から「優秀賞」を授与された。

5.2 プロジェクト等…自由に使える設備

本学では、施設・設備を授業以外でも「許可書」を出せば自由に使用できるようになっている。特に、学生フォーミュラ、NHK ロボコン、3 年次の創造プロジェクトや卒業研究・製作時などで活発に機械や工具などを使用している。

学生は実習を積んでいるとはいえ、実践的加工の経験が浅いので、図面の書き方、はめあい方式、加工方法などを質問に来る。そこで授業だけでは教えられない現場の知恵や勘所などを吸収して、びっくりするような独創性のあるものや高精度の製品を作る学生もいた。また、プロジェクトでは、先輩から後輩への加工指導など学生間の技能伝承があり有意義に活用されている。

6. まとめ

機械工作実習の授業を通して目指しているものをまとめると、

- ① 安全について、実際の実習作業を通して安全意識と安全の基本を身に付けさせる。
- ② 切削加工を自分の五感で体験し、個々の潜在能力や第六感(ひらめき)を引き出す。
- ③ 技能から技術を学び、創意工夫や新しいものに興味を持つ人材を養う。
- ④ ものづくりが好きで、身体を動かすことを厭わない心豊かなテクノロジスト(技能技術者)を育てる。

ことである。

まだ開学してから 11 年間という浅い期間ではあるが、この機械加工実習の授業を受け持って感じたことは、学生に同じように加工方法・手順を教えても、学生の意欲や個性・能力によって様々な作品が出来上がるということである。時には良い意味での「こだわり」を持つ製品など個性豊かな作品が提出されてくる。まさに技能の暗黙知である。また、休まず一生懸命授業を受けている学生が多く、教え甲斐もあった。製造業では 3K(きつい・汚い・危険)や若者のものづくり離れが問題にされているが、ものづくり大学の学生にはそのようなことは関係ないようである。

今後も本学の特徴である実技・実習授業を更に充実させ、「現場の技能が分り、広範な知識と多角的な判断力を持つ人間性が豊かな」学生を数多く育て、製造技術・生産技術分野などにおいて未来を担う若い技能技術者(テクノロジスト)を輩出することを期待している。