

## 豆ジャッキ製作を通じた機械分野専門科目の総合的学習 —総合的なものづくり教育実現のためのケーススタディ—

### An Education Example for Integrating Mechanical Drawing, Production Engineering and Manufacturing Practice through Producing Small Jack - A Case Study for Carrying Out Efficient Integrated Production Education -

中澤 剛                      伴 崇夫                      三田純義  
Tsuyoshi NAKAZAWA      Takao BAN                      Sumiyoshi MITA

#### 1. はじめに

最近、企業や研究所で「ものづくりについて知らない工学部の卒業生が増えてしまった。」といわれる。この原因のひとつは、全国の大学や高専で機械工作を実体験させるための教育が弱体化し、工作実習など実体験を含めた授業が減少していることにあるのではないだろうか。

昔から「百聞は一見に如かず」というように、どんな天才でも聞いた話から学べることは限られているので、自らの目で見たり・聞いたりしながら学ばなければならない。工学分野においても自らが実際に機械加工をしてみ、始めて座学や計算でやっていたことの意味を理解できる。筆者も企業で働いた経験があるが、設計や開発・研究などの業務を行うためにも、このような機械加工の実体験は必要不可欠である。これが、現在の工業技術教育の分野においてもものづくり教育の必要性が叫ばれている背景である。

そこで、本実践では、具体的なものづくりの実体験を通して設計・製図から製品完成までの多くの専門教科を学習する「ものづくり教育」の実現をねらいとする。そのためのケーススタディとして、豆ジャッキ製作を取り上げた。この題材は限られた時間・条件の中で高い教育効果をあげることができる教材である<sup>1)</sup>

本実践では、学生に豆ジャッキ完成までの行程を、一連の学習として行わせ、その過程を通して、機械工学のさまざまな科目にわたる内容

を関連づけながら総合的に学習することができるように指導した。具体的には、機械製図・生産工学・工作実習の三科目の総合学習を主なねらいとしている。また、総合学習を行う中で学生の技能も大きく向上させることができる。<sup>2)</sup>

現在の工業技術教育においては問題解決能力の育成も重要な課題となっている。そこで、本実践では、指導方法として、指導者がアドバイスを与えながらも学生が主体的に問題解決を通して学習する PBL (Problem Based Learning) 教育<sup>3)</sup>の考え方を取り入れ、学生の問題解決能力も向上させた。

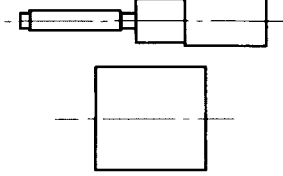
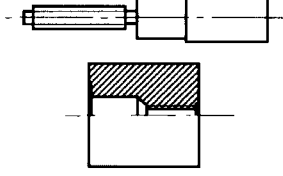
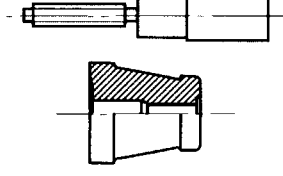
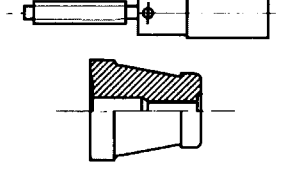
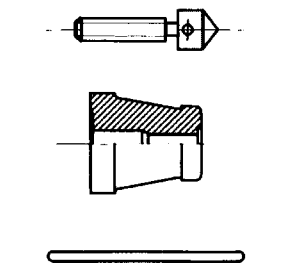
このように、本実践ではこれまで機械工作実習で行われてきた職業指導に、有用性が確認されている新しい指導方法を加えた内容となっている。

本報告では、まず、「2. 学習内容概略」において本実践の学習内容の概略を説明する。次に、「3. 豆ジャッキ製作の作業分析」で本実践において学生が学ぶことができる知識を明確にする。つづいて、「4. 実施状況(指導状況)」では、学生の学習とそれに対する指導の経過を具体的に述べる。そして「5. まとめ」で本実践の総括を行い。最後に、「6. 今後の展望」で今後の課題を述べる。

#### 2. 内容概略

表1に本実践の流れを示す。

表1 本実践の流れ

行程	加工の流れ	主な指導ポイント
導入 図面の読みとり 作業手順の考案		<ul style="list-style-type: none"> <li>・機械図面の読み方・書き方</li> <li>・加工計画の立案</li> </ul>
旋盤加工 1 (外径加工)		<ul style="list-style-type: none"> <li>・旋盤加工の基本</li> <li>・加工計画の再検討</li> </ul>
旋盤加工 2 (作業上の安全)		<ul style="list-style-type: none"> <li>・服装</li> <li>・姿勢</li> </ul>
旋盤加工 3 (ねじ切り)		<ul style="list-style-type: none"> <li>・旋盤によるねじ切り</li> <li>・タップ・ダイスによるねじ切り</li> </ul>
旋盤加工 4 (本体加工)		<ul style="list-style-type: none"> <li>・テーパ加工</li> <li>・材質による切削性の相違</li> </ul>
ケガキ作業とボール盤作業		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ケガキ作業とポンチ打ち作業</li> <li>・ボール盤作業</li> </ul>
旋盤加工 5 (仕上げ)		<ul style="list-style-type: none"> <li>・総形バイトによる切削</li> <li>・治具の使用</li> </ul>

豆ジャッキ製作を通じた機械分野専門科目の総合的学習—総合的なものづくり教育実現のためのケーススタディー

本実践では、授業や実習で学んだ知識を、実体験を通して総合化することを狙いとしている。そこで、機械系専門科目・機械工作実習について学習済みである機械工学科4年生の学生2名を対象とした。

#### 【導入】

本実践では最初、学生に寸法が入っていない豆ジャッキの原寸大図面(図1)を与えた。

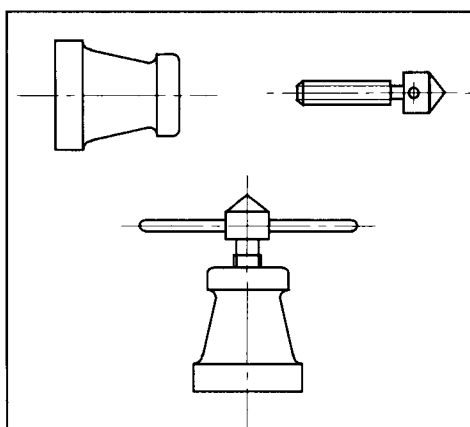


図1 学生に与えた図面

図面を与えられたことで学生は図面にある豆ジャッキを製作するという明確な目標を持つことができる。

#### 【図面の読みとり・作業手順の考案】

学生は図面を読み、寸法やあらさ記号などを補足する。次に、学生は加工計画を立てる。

#### 【機械加工(旋盤加工1～)】

学生は各自が立てた加工計画に沿って、旋盤を中心とした機械工作を行う。そして、写真1に示す豆ジャッキを完成させる。

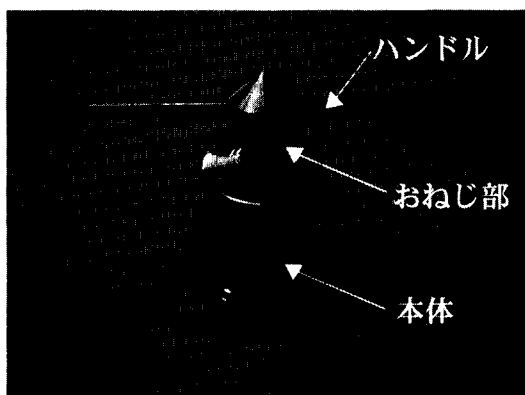


写真1 完成した豆ジャッキ(全体)

### 3. 豆ジャッキ製作の作業分析

本実践で取り上げた「豆ジャッキの製作」では、学生に機械製図・生産工学・工作実習を中心に多分にわたる内容を総合的に関連づけさせながら学習させることを目的としている。そこで、本実践で学生が学ぶことができる内容を、作業分析により明らかにし、本実践の内容が目的にそったものであることを明確にする。加えて、本実践と機械工作実習の作業分析の結果と比較する。

本実践では、先に本校の機械工学科における工作実習の評価<sup>4),5)</sup>に用いられたオペレーション法(あるいはロシア法)と呼ばれる作業分析法を用いる。この方法では、要素の抽出を行うことにより、必要な要素を無駄なく学習する用に指導計画を立てられる。

#### 3.1 「豆ジャッキ製作」の分析

豆ジャッキ製作の作業を作業分析した結果を、表2、表3に示す<sup>6)7)</sup>。

まず、本実践を図面の読み取り・記入および作業手順という視点から分析した表2では、学生は豆ジャッキ製作を通して機械製図・生産工学に関わる内容について総合的に学習できることが明確に示されている。

次に、旋盤加工・仕上げ加工について分析した表3では、豆ジャッキを完成させるためには、旋盤作業だけでなくけがき・ボール盤作業といった、仕上げ作業も必要なことがわかる。つまり、本実践では複数の工作機械の使用法およびその基礎となる理論を実体験として総合的に学習できる。

さらに表3では、本実践と機械工学科で行っている機械工作実習との内容についても比較を行った。この結果から両者は重なる内容の多ことがわかる。つまり、学生は、豆ジャッキの製作を通して自然と、機械工作実習の内容が復習できる。

以上の作業分析の結果から、学生は本実践で機械製図・生産工学・工作実習を中心に多分野にわたる内容を総合的に関連づけさせながら学習できることが明確になった。

表2 豆ジャッキ製作の作業分析(図面の読み取り・記入および作業手順の考案)

	要素作業	要素作業と関連し これと前後して指導すべき関連知	講義・実験・製図科目との関連	
図面の読み取り・記入	投影法によってかかれた図面を読む	投影法	機械製図(基礎となる図法)	
	第三角法に従って図面を読む	第三角法	機械製図(基礎となる図法)	
	寸法数字を読み取る	寸法数字	機械製図(寸法記入法)	
	寸法線・矢印を記入する	寸法線・矢印	機械製図(寸法記入法)	
	寸法補助線を記入する	寸法補助線	機械製図(寸法記入法)	
	引出線を記入する	引出線	機械製図(寸法記入法)	
	寸法補助記号を記入する	寸法補助記号	機械製図(寸法記入法)	
	基準面を決める	寸法基準面	機械製図(寸法記入法)	
	細部に寸法を記入する	狭小な部分への寸法記入	機械製図(寸法記入法)	
	円弧の寸法を記入する	円弧の半径記入	機械製図(寸法記入法)	
	穴の寸法を記入する	穴の寸法記入	機械製図(寸法記入法)	
	きり穴について記入する	きり穴・貫通しない穴の記入	機械製図(主要な機械部品・部分の図示法)	
	リーマ穴について記入する	リーマ・リーマ穴の記入	機械製図(主要な機械部品・部分の図示法)	
	勾配とテーパについて記入する	勾配とテーパの記入法 テーパ標準寸法	機械製図(主要な機械部品・部分の図示法)	
	寸法記入箇所を選択する	寸法記入における注意事項	機械製図(寸法記入法)	
	寸法基準面を決定する	寸法基準面	機械製図(寸法記入法)	
	並列に寸法を記入する	並列寸法記入	機械製図(寸法記入法)	
	寸法を工程別に記入する	工程別の寸法記入	機械製図(寸法記入法)	
	はめあい条件を考える	はめあい	機械製図(寸法公差および幾何公差の表示法)	
	はめあいの種類を記入する	すきまばめ、しまりばめ、中間ばめ	機械製図(寸法公差および幾何公差の表示法)	
	すきま・しめしろを考える	すきま・しめしろ	機械製図(寸法公差および幾何公差の表示法)	
	穴基準・軸基準のはめあいを記入する	穴基準・軸基準	機械製図(寸法公差および幾何公差の表示法)	
	基準寸法を記入する	基準寸法	機械製図(寸法公差および幾何公差の表示法)	
	基準線を記入する	基準線	機械製図(寸法公差および幾何公差の表示法)	
	寸法許容差について記入する	寸法許容差	機械製図(寸法公差および幾何公差の表示法)	
	公差の基本数値および等級について記入する	公差の基本数値および等級	機械製図(寸法公差および幾何公差の表示法)	
	寸法許容差を読み取る	寸法許容差	機械製図(寸法公差および幾何公差の表示法)	
	数値により寸法許容差を記入する	数値による寸法許容差記入	機械製図(寸法公差および幾何公差の表示法)	
	寸法公差が重複しないように公差を記入する	重複しない寸法公差の記入法	機械製図(寸法公差および幾何公差の表示法)	
	普通公差を記入する	普通公差	機械製図(寸法公差および幾何公差の表示法)	
	幾何公差を記入する	幾何公差	機械製図(寸法公差および幾何公差の表示法)	
	幾何公差を図示する	幾何公差の種類と記号	機械製図(寸法公差および幾何公差の表示法)	
	データムを決定記入する	データム	機械製図(寸法公差および幾何公差の表示法)	
	加工するねじの種類を考える	ねじ・リード・ピッチ	機械製図(主要な機械部品・部分の図示法)	
	おねじ・めねじを記入する	おねじ・めねじ	機械製図(主要な機械部品・部分の図示法)	
	ねじの用途を理解する	ねじの用途	機械製図(主要な機械部品・部分の図示法)	
	ねじの形状を指定する	ねじの標準形の種類	機械製図(主要な機械部品・部分の図示法)	
	ねじを表記・指定する	ねじの表記方法	機械製図(主要な機械部品・部分の図示法)	
	ねじを図面に記入する	ねじ部品の図示方法	機械製図(主要な機械部品・部分の図示法)	
	ねじの寸法を記入する	ねじの寸法記入法	機械製図(主要な機械部品・部分の図示法)	
	作業手順の考案	製品計画を立てる	製品計画	生産工学(技術開発から生産以降)
		基本設計を行う	基本設計	生産工学(技術開発から生産以降)
		詳細設計を行う	詳細設計	生産工学(技術開発から生産以降)
		設計仕様を決定	設計仕様	生産工学(技術開発から生産以降)
		機能設計を行う	機能設計	生産工学(生産設計)
生産設計を行う		生産設計	生産工学(生産設計)	
構造の単純化を行う		構造の単純化	生産工学(生産設計)	
公差を決定する		公差の決定	生産工学(生産設計)	
工程能力を考慮する		工程能力	生産工学(生産設計)	
材料の選定を行う		材料の選定	生産工学(生産設計)	
材質の決定を行う		材質の決定	生産工学(生産設計)	
材料の形態に対する形状寸法を考慮する		材料の形態・形状寸法	生産工学(生産設計)	
材料形状を選定する		棒材・板材	生産工学(生産設計)	
製品の構造を決定する		構造の決定	生産工学(生産設計)	
剛性・軽量化について検討する		剛性・軽量化	生産工学(生産設計)	
部材構成を考慮する		分割構造・単体構造	生産工学(生産設計)	
構造の分割・一体化を行う		構造の分割化・一体化	生産工学(生産設計)	
加工技術に準拠し形状寸法を決定する		加工技術・形状寸法	生産工学(生産設計)	
加工設備から計上を決定する		加工設備・切削加工・プレス加工	生産工学(生産設計)	
工作方法を考案する		工作方法	生産工学(工程設計)	
作業手順を考案する		作業手順	生産工学(工程設計)	
作業基準を設定する		作業基準	生産工学(工程設計)	
作業時間を見積もる		作業時間の見積もり	生産工学(工程設計)	
加工・組立工程を考案する		加工・組立工程	生産工学(工程設計)	
専用治具を設計する		専用治具	生産工学(工程設計)	
円柱加工・円筒加工工程を考案する		円柱加工・円筒加工	生産工学(作業レベルでの工作計画)	
面加工工程を考案する		面加工	生産工学(作業レベルでの工作計画)	
プレス加工工程を考案する		プレス加工	生産工学(作業レベルでの工作計画)	
治具および取付具の必要性を検討する		治具および取付具	生産工学(作業レベルでの工作計画)	
治具および取付具を設計する		治具および取付具	生産工学(作業レベルでの工作計画)	
治具および取付具の取付位置を決める		治具および取付具の取付位置	生産工学(作業レベルでの工作計画)	
治具を使った平面保持方法を考案する		治具を使った平面保持	生産工学(作業レベルでの工作計画)	
治具を使った曲面保持方法を考案する		治具を使った曲面保持	生産工学(作業レベルでの工作計画)	
工作物の固定方法を考案する		工作物の固定	生産工学(作業レベルでの工作計画)	
生産の自動化について検討する		生産の自動化	生産工学(作業レベルでの工作計画)	

豆ジャッキ製作を通じた機械分野専門科目の総合的学習—総合的なものづくり教育実現のためのケーススタディー

表3 豆ジャッキ製作の作業分析(旋盤加工・仕上げ加工について)

	要素作業	要素作業と関連し これと前後して指導すべき関連知識	講義・実験・製図科目との関 連	機 械 科 工 作 実 習	豆ジャッキ 製 作
旋 盤 加 工	旋盤加工の計画を立てる		機械製図		○
	旋盤を掃除・注油・点検する	旋盤の仕組み		○	○
	旋盤を起動・停止する	伝動機構・旋盤の仕組み 電気機器・リレーと制御回路	電気工学実験(三相誘導電動機) 機械工作法(工作機械の仕組み) 電気工学概論(三相誘導電動機)	○	○
	旋盤の主軸速度を変える	伝動機構・歯車列・変速機構	機械製図(熔接記号) 機械工作法(旋盤の仕組み) 機械設計(伝動装置・歯車列)	○	○
	自動送りをかける	自動送りの仕組み、切削理論と送り量	機械工作法(旋盤の仕組み)		○
	センター作業で加工する	センタ、回し板、回し金の使い方		○	○
	主軸センターの取り付け	センタ合わせ		○	○
	チャック作業で加工する	工作物の形状とチャックの選択		○	○
	チャックの取り付け	安全作業		○	○
	バイトを選択する	バイトの種類・用途・各部の名称 切削・工具材料・バイトの仕組み	機械工作法(切削工具)	○	○
	バイトを取り付ける	バイトの種類・用途・各部の名称・切削原理	材料力学(方持ちはりとなわみ)	○	○
	バイトを研削する	バイトの種類・用途・各部の名称 切削・工具材料・バイトの仕組み			○
	三爪チャックへの取り付け	チャックハンドルの使い方		○	○
	主軸速度・切削速度を決める	切削速度と主軸速度の決め方 回転数、周速度	機械工学実験(バイトの切削抵抗) 機械工作法(切削理論)、材料学(被削性)		○
	切込みを決める	切込み決め方 荒削りと仕上げ削り	機械工学実験(バイトの切削抵抗) 機械工作法(切削理論)、材料学(被削性)		○
	送り量を決める	送りの決め方 荒削りと仕上げ削り	機械工学実験(バイトの切削抵抗) 機械工作法(切削理論)、材料学(被削性)	○	○
	切削油をつける	切削油材の種類と性質	機械工学実験(バイトの切削抵抗) 機械工作法(切削理論)、材料学(被削性)	○	○
	芯立てをする		機械設計(テーパの種類)	○	○
	外丸削りをする	作業の種類とバイトの選択・削りバイトの名称と実物	機械工作法(刃の仕組み、加工バイト選択)	○	○
	端面削りをする	片刃バイトの名称と実物・バイトの種類・特徴と使い方	機械工作法(刃の仕組み、加工バイト選択)	○	○
	段削りをする	バイトの名称と実物・バイトの種類・特徴と使い方	機械工作法(刃の仕組み、加工バイト選択)	○	○
	側面削りをする	バイトの名称と実物・バイトの種類・特徴と使い方	機械工作法(刃の仕組み、加工バイト選択)	○	○
	溝削りをする	バイトの名称と実物・バイトの種類・特徴と使い方	機械工作法(刃の仕組み、加工バイト選択)	○	○
	面取りをする	バイトの名称と実物・バイトの種類・特徴と使い方	機械工作法(刃の仕組み、加工バイト選択)	○	○
	テーパ削りをする	バイトの名称と実物・バイトの種類・特徴と使い方	機械工作法(刃の仕組み、加工バイト選択)	○	○
	曲面削りをする	バイトの名称と実物・バイトの種類・特徴と使い方	機械工作法(刃の仕組み、加工バイト選択)	○	○
	成形削りをする	バイトの名称と実物・バイトの種類・特徴と使い方	機械工作法(刃の仕組み、加工バイト選択)	○	○
	おねじ切りをする	おねじ切りバイトの名称と実物・バイトの種類 特徴と使い方、ねじ切りの原理・替え歯車	機械製図(ねじ)	○	○
	仕上げ削りをする	バイトの名称と実物・バイトの種類・特徴と使い方	機械工作法(刃の仕組み、加工バイト選択)	○	○
	穴あけをする		機械工学実験(ドリルの切削抵抗)		○
	木バイトの製作				○
	木バイト・ヤスリを使った磨き作業				○
	磨き作業を行う際の安全				○
ノギスにより寸法を測る	ノギスの原理と使い方、目盛りの読み方	計測工学(寸法測定)	○	○	
マイクロメータにより寸法を測る	マイクロメータの原理と使い方	計測工学(寸法測定)	○	○	
パスにより寸法を測る	目盛りの読み方	機械工作法(工作測定)	○	○	
ゲージにより検査する		機械工作法(工作測定)	○	○	
図面を読む	機械製図	機械製図	○	○	
手仕上げの計画を立てる	手仕上げ作業の種類	機械工作(手仕上げ)	○	○	
工作物を固定する	固定方法の種類と安全	機械工作(工作物の固定)	○	○	
工具を準備する	工具の名称と実物		○	○	
素材を準備する	ばり取り		○	○	
ハイトゲージによりけがく	ハイトゲージ、並行台の使い方		○	○	
コンパスによる円・円弧をけがく	コンパスの使い方		○	○	
心出しをする	心出しの方法		○	○	
ポンチを打ち	ポンチの打ち方		○	○	
工具を準備する		機械工作法(ねじ立て)	○	○	
ねじの下穴をあける	めねじと下穴・ねじの寸法・規格		○	○	
めねじを切る	タップ・ハンドル・スコヤの使い方		○	○	
コンターマシンにより切断する	コンターマシンの使い方		○	○	
ボール盤を操作する	ボール盤作業、ボール盤の種類・構造	機械工作法(ボール盤)	○	○	
穴あけの計画を立てる	ドリルの種類・しくみ		○	○	
主軸速度を変える	穴あけの切削条件	機械工学実験(ドリルの切削抵抗) 機械工作法(ドリルの切削速度)	○	○	
ドリルを取り付け・取り外しをする	ストレートシャンク・テーパシャンク		○	○	
工作物を取り付ける(万力)	万力の使い方		○	○	
穴の位置を決める	ポンチ・ハンマの使い方		○	○	
ドリルのもみつけをする	もみつけのやり方		○	○	
穴あけをする	ドリルの使い方		○	○	
リーマ仕上げをする	リーマの下穴		○	○	
ボール盤を点検・清掃する	ボール盤作業、ボール盤の種類・構造		○	○	
寸法を測定する		機械工作法(工作測定)	○	○	
スコヤにより直角を測定する	直角の測定法	機械工作法(工作測定)	○	○	
ストレートエッジで平面を調べる	平面度	機械工作法(工作測定)	○	○	
赤あたりにより平面を調べる	平面度	機械工作法(工作測定)	○	○	
Rゲージにより丸みを調べる		機械工作法(工作測定)	○	○	
報告書をまとめる		全ての実験	○	○	

仕  
上  
げ  
加  
工

#### 4 実施状況(指導状況)

ここでは、前項で明らかにした機械製図・生産工学・工作実習を中心にした総合学習の経過を具体的に述べる。

工程ごとに、主な指導内容についてまとめ記述していく。『』でくられた記述は作業後に行ったアンケートより得られた学生の声である。

##### 4.1 図面の読みとり・作業手順の考案

学習の最初に、学生が「この豆ジャッキを製作する」という明確な目標を持つ必要がある。そこで、学生に豆ジャッキの完成図面を与え、指導を開始した。以下、指導内容について述べる。

###### 〔機械図面の読み方・書き方〕

学生は明確な目標を与えられたものの、『最初は何かから手をつければよいのか分からない』状態だった。

そこで、この図面は原寸大であるものの寸法が入っていないことを指摘し、学生に図面の寸法を実測させ寸法を記入させるところから学習をはじめた。

はじめに、学生は製図について『過去にやったことがあるが理解できていない』と感じている。例えば、寸法記入において一番の基本になる基準面についても、学生は『基準面というものがないのか良く分かっていない』状態だった。そこで、学生は指導者と共に授業で使った製図のテキスト等を読み返し、基準面を含めた製図の知識を復習した。そして、学生は図面を読み、寸法など図面に記入されていない事項を補足した。こうして、学生は『先生の説明を聞いて基準面の重要性が良く分かった』というように、製図についての復習を順調に進めた。

さらに、学生は図面を見ているだけでは、完成品のイメージがわからず、図面に描かれた内容を十分にわかっていなかった。そこで、指導者は完成品の例を学生に見せた。学生は実際に完成品を見て、「このような形や面に仕上げるにはどうしたらよいのか」一層具体的に考えるようになった。

こうして、学生はテーパ・はめあいなど基本的な知識を更に復習しながら、図面の意味と加工との結びつきを学習した。実際、学生は『(本実践)前より、製図用語に関する理解が深まった』と述べている。さらに、この工程を通して学生から『製図の授業とこのようなものづくりが関係しているのがわかった』との声もあった。

###### 〔加工計画の立案〕

図面が完成したところで、学生に大まかな加工計画を立てさせた。しかし、この時点では、学生も『作る前には治具が必要になってくるとはわからなかった。』というように、まだ、今後の作業を具体的に考えることができていなかった。この後の工程で実際加工を行うときになって、学生はこの時点で立てた加工計画が不十分であったということを実感することになる。しかし、指導者にとってこれはねらい通りである。なぜなら、学生は目標を達成するために指導者のアドバイスを得ながら問題を解決し、問題解決能力を養うことができるからである。

ここまでの過程で、学生は製図の復習と同時に、製図とものづくりの関連性を学習できた。指導者は、今後も学生に機械工作法・機械製図・生産工学・工作実習の復習・学習を自主的に行わせ、各科目とものづくりの関連を学生に理解させるべく指導した。

以上のように、学生は図面の内容を理解し、必要事項の補足を完了した。さらに、大まかな加工計画も立てたので、学生には以下の図2、図3に示す材料を与え、次の工程から実際に加工を行うことにした。

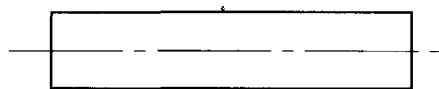


図2 おねじ部用丸棒材料(快削鋼)

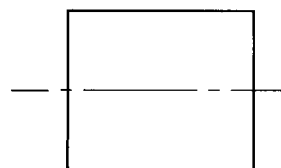


図3 本体用丸棒材料(ねずみ鋳鉄)

#### 4.2 旋盤加工1(外径加工)

図4、図5に示すように、この工程では、与えられた材料の外径を旋盤によって加工した。

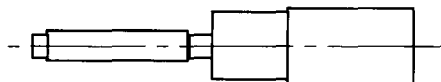


図4 おねじ部(外径加工後)

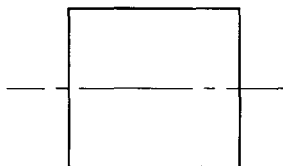


図5 本体(外径加工後)

##### 〔旋盤加工の基本〕

学生には旋盤加工の基本を復習させた。指導者は、実際に学生を指導してみ、学生が基本的な知識と実技を結びつけて理解していないことに気づいた。例えば、機械工作法で学習した「すくい角・逃げ角」といった基礎についても、「すくい角や逃げ角など授業中に習ったが、実際そのものを黒板に書いてあるだけでは理解しづらかった」と述べている。そこで、このような基本的な用語についても説明と実技を交えて指導したところ、「すくい角・逃げ角」といった基本的な知識についての理解が深まった」というように、学生は旋盤加工の基本について理解を深めることができた。

##### 〔生産(加工)計画の再検討〕

学生が立てた加工計画は未熟で、そのままでは加工が不可能であったり、どのように加工するのが不明確なところがかかりあった。指導者は最も効率的で作業性も良い加工方法を知っていた。しかし、学生が目標を達成するために自ら問題を解決する中で学習させることが重要なので、その方法は敢えて明かさず、学生に自分で考えさせた方法で加工させた。

ここまでの工程でも、学生は加工を行う中で問題に直面し、自分が立てた加工計画の問題に気づいた。そして、学生は指導者のアドバイスを得ながら加工計画を再検討し、改めることで、問題を解決することができた。



写真2 指導の様子

#### 4.3 旋盤加工2(作業上の安全)

外径加工を行うのとほぼ並行して、安全に旋盤作業を行うための指導も行った。

##### 〔服装〕

まず、もっとも基本である服装について指導した。旋盤加工でもっとも気をつけなければならないのは、チャックに巻き込まれることである。そのためには、作業をする上で安全な服装をすることが最も重要になる。もし、手首のボタンやチャックをきちんと止めていなければ、ちょっとした拍子に手を巻き込まれてしまう。そこで、作業を行う前には服装の確認を行わせた。このように、服装をきちんとしておくことが単なる身だしなみだけでなく、巻き込まれることを防ぐなどの安全性の面から重要であるということという理由をつけて説明したので、学生も服装の重要性をしっかりと認識するようになった。そして、学生は「作業服のボタンは閉めておくことが必要」と、自主的に注意するようになった。

##### 〔姿勢〕

作業する上で安全な姿勢についても繰り返し指導した。

まず、チャックに巻き込まれることを防ぐためには、チャックから離れた右側に常に立たねばならない。しかし、最初のうち、学生は無意識のうちにチャックに近い左側に立ってしまう。学生は「旋盤に対する正しい作業位置は分かっている、ついつい見やすいところに立ってしまったりする。」と作業の危険性に気づき、徐々にそれを改めようと意識するようになっていった。

さらに、チャックに巻き込まれることを防ぐために、作業は旋盤から遠い右手を使い、左手を使わないように指導した。

正しい姿勢を保ちながら作業するよう繰り返し指導したので、学生は旋盤に対して安全な姿勢をとるようになってきた。そこで、この後は、かなり学生主体で作業を行なわせた。もちろん、指導者は学生の作業を常に監視し、危険な作業を行った場合には繰り返して指導した。

このような、作業指導では口頭での説明よりも、実例を示した方がよいので、積極的に実例を示しながら、正しい方法で安全に作業を行うよう指導した。

#### 4.4 旋盤加工3(ねじ切り)

この工程では、図6、図7に示すようにおねじ部にねじを切り、本体側にはボール盤によりキリ穴あけ、ねじを立てた。

図6 おねじ部(ねじ切り後)

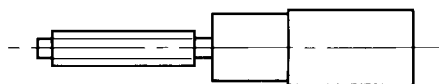
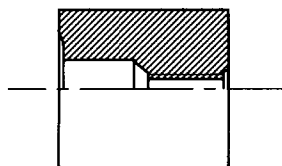


図7 本体(ねじ切り後)



##### [旋盤によるねじ切り]

単にねじ切り作業を行うだけでなく、作業前に旋盤内部の歯車交換も学生に指導し体験させた。これは、機械工作実習では指導していない作業であった。学生は自主的に作業を行いながら、旋盤の機構について理解を深めた。

また、ねじ切りは非常に失敗しやすい工程であるので、マンツーマンで指導した。本来であれば学生に任せた方がよいが『旋盤を一人で全部やっておけと言われてもどれくらいの回転数で作業してよいか、自分一人では選ぶことができない』学生にとって、作業を無事やり遂げるのは難しい。さらに、『失敗していたら実習を続ける意欲をなくしていたと思う』学生にとっては、しつこく助言・指導しても、

成功した方がより効果的な学習となる。

##### [タップ・ダイスによるねじ切り]

本体側にはタップを使ってめねじを切った。M10と大きめのねじなので、タップを折ることはあまりないが、念のためタップを折らないよう注意しながら指導した。また、ねじ立ての始めでタップが斜めに入ってしまうと、垂直にねじが立たないので、スコヤを使って垂直に立っていることを確認してからタップ作業を行うよう指導した。

めねじ・おねじ切り作業が終わったところで、学生は早速ねじをねじ込んだ。しかし、学生の切ったねじは残念ながらスムーズに入っていかず、学生はねじ切り失敗かとがっかりしていた。そこで、指導者が、バイトや工作物の固定がしっかりしていなかったためにこうなってしまったと説明し、学生にダイスを使っておねじを切り直させた。そして、ようやくねじはスムーズに入ってしまった。学生は、ここで小さな達成感を味わうことができ、喜んでいて。

このねじ切りなどで大きな失敗をしてしまうと、加工がそこから先に進まなくなってしまう。そこで、指導者は学生に主体的に考えさせ作業を行わせる一方で、加工が順調に進むよう、ポイントごとにアドバイスを入れるようにした。

学生が自ら考え実行し、誤りに気づくことは重要な学習であるが、誤りの結果目的が達成できなくなってしまったのでは学習効果が半減してしまう。それよりも、的確なアドバイスを与えて、学生に達成感を味わわせることが重要である。

#### 4.5 旋盤加工3(本体加工)

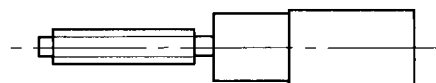


図8 おねじ部(本体加工後)

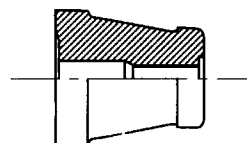


図9 本体(本体加工後)



豆ジャッキ製作を通じた機械分野専門科目の総合的学習—総合的なものづくり教育実現のためのケーススタディー—

#### [テーパ加工]

本体のテーパ加工では、まず、自動送りが使えないことを学生に説明した。学生は、頭で考えているうちは、どうしてそうなるのかわからないようであったが、旋盤を前にして機械を動かしながら考え、納得していた。このように、加工については、機械を前にして自分の目で見て手で触りながら考えると非常に理解しやすい。

#### [材質による切削性の相違]

ここまでの過程で加工を行った本体(ねずみ鋳鉄)とおねじ部(快削鋼)とは材料が違うので、学生は鋳鉄と快削鋼の二つの材料を実際に切削し比べることができた。その違いは、切り屑の形などに顕著に現れた。快削鋼に比べ鋳鉄は炭素を多く含むため硬くてもろい。学生も「炭素を鉄に入れると硬くなるということは授業で聞いてはいた。」が実体験したことはなかった。しかし、ここまでの過程で、炭素をあまり含まない快削鋼と、炭素を多く含む鋳鉄を切削し比べることで、「炭素が多いと硬くてもろくなり、少ないと柔らかくしなやかになる」ということを実体験できた。

#### 4.6 ケガキ作業とボール盤作業

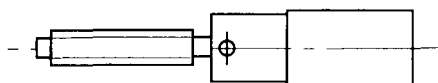


図10 おねじ部(ケガキ、ボール盤作業後)

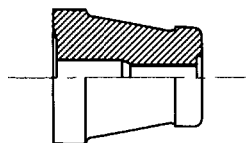


図11 本体(ケガキ、ボール盤作業後)

#### [ケガキ作業とポンチ打ち作業]

ボール盤作業を行う前に、材料をけがき、穴あけを行う点にポンチを打った。ボール盤の穴あけの前に、ケガキ作業を行いポンチを打つのは、正確な穴あけを行うために必要不可欠であり、基本である。しか、学生はこの作業の重要性を理解していなかった。そこで、正確な穴あけを行うためには、ケガキ作

業とポンチ打ちがいかに重要かをきちんと説明した上で、学生に作業させた。学生も、その重要性と作業の方法をよく理解してくれたようで、本実践が終わったあと、ボール盤で穴あけを行おうとする同級生にケガキ作業とポンチ打ちを教えていた。

#### [ボール盤作業]

さらに、ボール盤作業について指導した。指導に当たって、機械工作法などの座学と実習の関連を学生に意識させるよう心がけた。例えば、ボール盤の回転数設定などの作業を行う中で、学生にこの内容が機械工作法で学習した内容であると指摘した。このような指摘を受けた学生は「今までの授業の関連性をとても感じた。ちゃんと授業を受けておけばよかったと思う」と述べている。本実践でさまざまな実技経験をしながら、学生は工作実習と各専門科目の関連性についてももしっかり認識するようになってきた。

このように、主体的に加工作業を行うことで、授業や実習がいかに役に立つ内容であったか実感することができる。このような意識を常に持って、授業や実習を受ければ自ら主体的に学習するようになるし、理解力も大幅に向上する。つまり、ものづくりの経験は授業や実習における主体的な学習態度を生み出す効果があるといえる。

#### 4.7 旋盤加工5(仕上げ)

最後に図12、図13、図14に示すおねじ部の頭部切削と、ハンドルの加工を行い、豆ジャッキを完成させた。

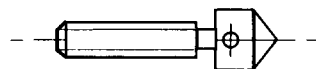


図12 おねじ部(仕上げ後)

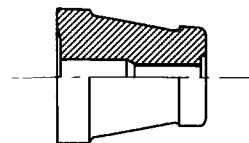


図13 本体(仕上げ後)



図14 ハンドル(仕上げ後)

### 〔総形バイトによる切削〕

この工程では、作業を進めるために総形バイトの削りだしが必要になってきた。学生は『作る前に工程を考える上では総形バイトや治具が必要になることが分からなかった』ので、ここでも加工工程を見直す必要があった。総形バイトは本体およびハンドル部の切削に用いた。特にハンドル部は細く加工しづらいので、学生にはハンドルを曲げてしまわないよう注意した。

### 〔治具の使用〕

さらに、おねじ部の切削のために治具が必要になってきた。学生は実際に自分で治具を使って作業を行い『治具や総形バイトが加工にとても役立った』ことを実感するとともに、加工工程を見直した。こうして、学生は設計図面を描いたり、加工計画を立てる上で、機械加工の知識や実体験がいかに重要であるかを実感しながら学習できた。また学生は『頭の柔らかさが必要だと思った』と述べているように、知識は持っているだけでなく実体験と結びつけて柔軟に使えるようになる必要があるとも感じていた。

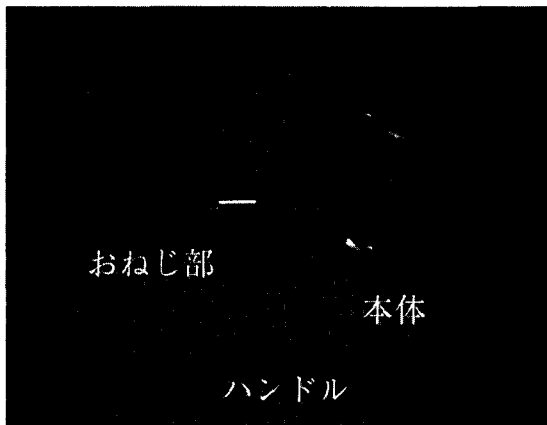


写真3 完成した豆ジャッキ(分解写真)

## 5. まとめ

以上、本実践から次のことが分かった。

- 工程分析の結果から、本実践で取り上げた豆ジャッキ製作を通して、機械製図・機械工作実習などの機械分野専門科目を関連づけさせながら学習することができることが明らかになった。
- 実際に学生に豆ジャッキを製作させ、事

後アンケートを行った結果、学生は豆ジャッキ作製を通して機械分野専門科目を関連づけさせながら学習できることが確かめられた。

## 6. 今後の展望

本実践を発展させていくにあたっては、

- 製作前に学生にアイデアを考えさせて作図を行わせる。
- 最終的に完成した製品が作図のときに求めていた性能を満たしているかどうかの性能評価試験を行う。

といった要素も取り入れていきたい。

最後、共に学習した学生の今後の活躍を祈りたい。

### ＜参考文献＞

- 1) 安富善三郎・野口典正・中井庸一・山本康和:「設計製図から製品完成までを一体化した機械工作実習の実践的教育法 - 新型豆ジャッキの製作 -」, 工学教育, 44(1996), 50-54.
- 2) 森 和夫・手塚 太郎:「技能の構造をさぐる(1)」, 技能と技術, 1(1979), 33-39.
- 3) 渡邊辰郎・金子成彦:「スキルアップ教育手段としてのPBL - 新しい産学研究協力の試み -」, 工学教育, 50(2002), 83-86.
- 4) 三田・猪瀬・大藪・田中・鷹箸・猪瀬・伴・斉藤・木下:「機械工学科における「工作実習」(その1) - 作業分析にもとづいた「工作実習の評価」 -」, 小山工業高等専門学校紀要, 29(1997), 61-70.
- 5) 三田・猪瀬・大藪・田中・鷹箸・猪瀬・伴・斉藤・木下・矢島:「機械工学科における「工作実習」(その2) - 作業分析にもとづいた「工作実習の評価」 -」, 小山工業高等専門学校紀要, 30(1998), 73-82.
- 6) 津村利光・大西 清:「JISにもとづく標準製図法」, (2001)
- 7) 古川 光:「生産工学」, (1976)

〔受理年月日 2003年9月30日〕