

# 旋盤加工実習の運営とテキスト開発の一例

神奈川県立産業技術短期大学校 生産技術科 杉山 祐樹

## 1. はじめに

機械加工の実習において、限られた訓練時間の中でどの程度のレベルの加工技術を学生に習得してもらうかはカリキュラム編成上も重要な問題である。本稿では当校生産技術科における機械加工の実習課題を紹介し、平成7年度より3年間にわたって実施してきた実習の進め方とテキストの開発経過について、特に旋盤加工の視点から報告する。

## 2. 課題の設定と実習の進め方

当校生産技術科では、1年後期の半年間に毎週1回270分×17週の実習で汎用工作機械により、図1に示すような空気圧式マニピュレータと呼ばれる製品を、全員の学生が作り上げることを目標としている。



図1 空気圧式マニピュレータ

この製品は後部のシリンダ内の圧縮空気により前部のハンドを開閉して物をつかむものである。

この課題を製作するに先立ち、1年前期の半年間は汎用工作機械の操作法や基本加工技術（旋盤による外径加工など）を学ぶ。

生産技術科の1学年の学生定員は40名であるが、実習機材等の関係から前期については4班に分けて実習を展開している。

表1 1年前期の実習ローテーション

週目	1班	2班	3班	4班
1	概要説明・準備・安全衛生作業法など			
2	施盤 基本	要素 加工	フライス盤	手仕上げ
3			基本	基本
4			要素	要素
5			加工	加工
6			要素	手仕上げ
7	加工	要素 加工	基本	基本
8			要素	要素
9			加工	加工
10	フライス盤	手仕上げ	施盤 基本 要素 加工	
11	基本	基本		
12	要素	要素		
13	加工	加工		
14	手仕上げ	フライス盤		
15	基本	基本		
16	要素	要素		
17	加工	加工		

1年前期の実習のローテーションを表1に示す。  
1回の実習時間は270分であり、前期の基本要素加工実習は学生1名に対して、

- ・旋盤加工 270分×8週 = 2,160分
- ・フライス盤加工 270分×4週 = 1,080分
- ・手仕上げ加工 270分×4週 = 1,080分

という時間配分となる。

### 3. 空気圧式マニピュレータ製作に先立つ基本加工課題

前述のように、空気圧式マニピュレータを製作するための加工技術は1年前期の半年間で学生に習得してもらう必要があり、短時間で有効に学習するための実習プログラムが求められる。

旋盤加工について考えると、マニピュレータ製作には概略以下の加工技術が必要となる。

- ・旋盤の機能と操作法、運転、保守の仕方
- ・加工のための段取りの仕方（心出しの仕方等）
- ・端面加工の仕方
- ・外径加工の仕方
- ・外径段付け加工の仕方
- ・溝入れ、突切り加工の仕方
- ・ねじ切り加工の仕方
- ・穴開けの仕方
- ・内径加工の仕方
- ・内径段付け加工の仕方

加工精度については、外径・内径 $\pm 0.02\text{mm}$ 程度、長手方向では $\pm 0.05\text{mm}$ 程度の寸法公差内に収められることが求められる。

そこで、これらの点を勘案し設定したいわば練習的な課題を図2に示す。この課題と旋盤の操作法や段取り法を含めて実習を展開し、学生が安全かつ確実に加工技術を習得するためには前述の実習時間では非常に困難なことが予想される。

そのため、実習の実施に先立ち、これらの問題を



図2 基本加工課題

整理してみた。

## 4. 基本加工課題の実習運営

### 4.1 実習運営の問題点

通常、全く機械を扱ったことのない学生に対する実習では、次のプロセスは不可欠である。

作業手順を説明する。

作業をやってみせる（デモンストレーション）。

作業を模倣させる（学生が自ら加工する）。

『でき』を判断させる（測定など）。

問題点を認識させ、反復練習させる。

一方で、表1のローテーションでは一度に2班（20名）の学生が旋盤加工に携わるが、当校では人員の都合上、旋盤加工の指導に配置できる指導員数は2名が限界であることと、実習時間が連日ではなく週1回であるため、

学生個人に対するきめ細かな指導が難しく、作業進度にばらつきが生じやすい。

学生が毎週作業のはじめに段取りをし直さなければならない。

学生が一度行った作業を忘却しやすい。すなわち、時間的に厳しい実習運営が予想される。

## 4.2 問題解決の手だて

前項で述べた から のプロセスと, から の問題点を対比し、『限られた時間』を可能な限り有効に利用する工夫を検討した。

その際の留意点は,

A: プロセス ~ の時間, すなわち学生自らが行動し作業を身につけるための時間をできるだけ多くすること。

B: 問題点 は, 加工に際して重要な作業の反復練習として認識し, 上記Aの観点に包含すること。

C: プロセス , と問題点 , , すなわち指導者側からの提示においては, 内容や形態を工夫した専用の自作テキストを作成し効率的な実習運営に役立てること。

という概念に基づくものとした。

これらは, いわば『あたりまえ』の発想ではあるが, 項目Cであげたテキストの検討により無用な説明や重複する説明を避けることができ, また年度ごとに繰り返される実習において, 『指導内容の品質』を保持するうえでもきわめて有効であると判断される。さらに, この効果的なテキストによる実習運営は項目A, Bの考え方も一致する。

しかし, このように専門・特化したテキストは, しばしば応用力の育成の妨げとなることが多いため, その作成に当たっては詳細な『作業分解』と提示方法の検討が必要と判断される。

## 5. 作業分解と提示方法

### 5.1 作業分解の考え方

初めて機械加工に臨む学生は, 当然のことながら自分が行う動作の流れが認識できていない。

そこで各作業について必要な動作を最小単位まで細分化して行くことを試みた。

一例として図3のような簡単な外径切削を考えて

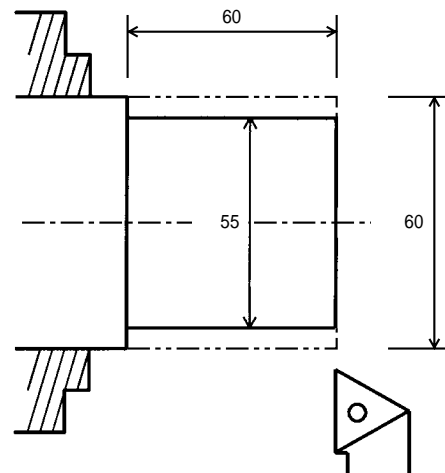
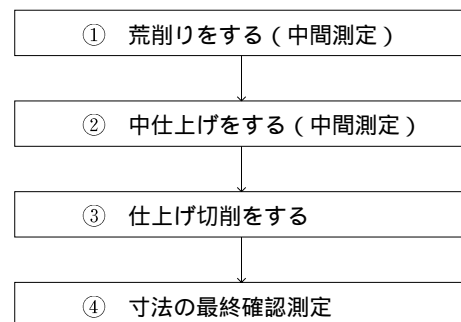


図3 外径加工の例

みる。

仮に工具と材料の段取りがすすんでいるならば, 必要な作業の順序はおおむね以下のようなになる。



旋盤作業を一度学習したことがある場合, おそらく, この作業の流れが提示されれば自らの動作の流れを想像することが可能である。

そこで, このように第1段階の細分化がなされた流れを『Basic Flow』(Level 1)と呼ぶことにする。

このBasic Flowに対してさらに細分化を試みる。一例として「荒削りをする」を展開し, 作業の細分化のLevel 2, Level 3, .....を求めたプロセスの一部を図4に示す。

(切削条件: 回転数 = 500rpm, 工具の送り速度 = 0.25mm/rev)

このようにして, 各作業についてこれ以上分解す

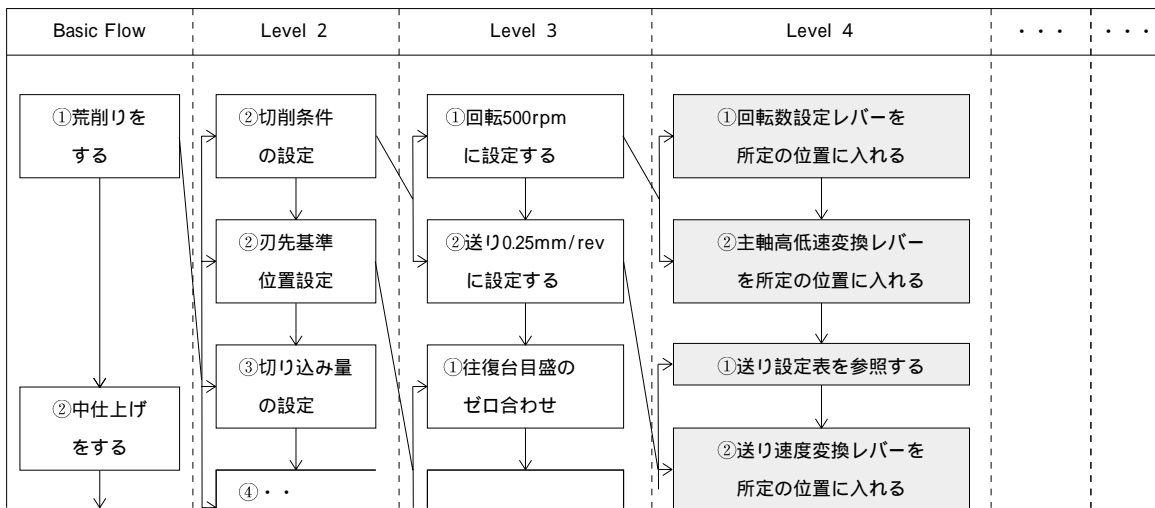


図4 Basic Flowの細分化

する必要がないと思われるLevelまで細分化を進め、その流れを追ってみると、人間の動作が『NCプログラムの1ステップ』に類似してくる。

そこで、人間の動作をNCプログラムに見立て、汎用加工機に必要な動作の細分化を試みた。

このようにして決定した流れを『Detailed Flow』と呼ぶことにする（図4の例ではアミかけ部が『Detailed Flow』となるが、作業ごとに『Detailed Flow』と定義できる細分化のLevelは異なってくる）。

この『Detailed Flow』をベースに、テキストの形態や実習における作業動作の提示方法などを検討していくものとした。

## 5.2 テキスト製作と提示方法の検討

(1) 初版テキスト開発の経緯と実習運営の考え方  
平成7年度の初版テキストにおいては以下の項目を考慮して製作した。

『Detailed Flow』をベースに実習のデモンストレーションを想定・構築し、テキストはLevel 2～3程度の説明にとどめる（くどい説明にならないように）。

作業者の視点から見た工具や機械の動きを図解し、それに対応した作業の説明を記述する（デモンストレーションを見るだけでは自らの作業視点として認識するのは困難）。

作業安全に関する項目はテキストに明示し、デモンストレーション時に再度注意を喚起する（安全な作業の『くせ』を早期に身につけてもらう）。

製品の『でき』に関連する項目については、デモンストレーション時の注意事項を記入するための欄を設ける（学生自らの注意不足によって『安全な失敗』を経験する余地も残す）。

一度経験した作業の説明は主に『Basic Flow』の説明にとどめ、学生が自主的に考えながら反復できるようにする。なお、指導者は困惑したり間違った動作を行っている学生がいないか注意して見守る（半自立的な反復学習）。

3度目以上の経験となる作業については、応用動作につながる作業のコツを習得できる機会を設ける。

このように、概括的にいえばデモンストレーションを主体とし安全に主眼を置きながら、ある程度自

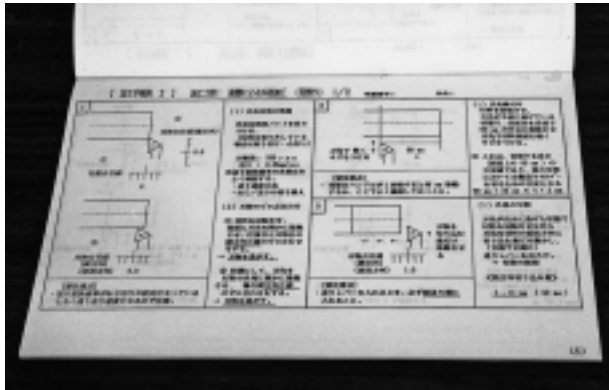


図5 初版テキスト

主性を持たせる内容とするように考慮した。図5に開発した初版テキストを示す。

(2) テキストの改訂と実習運営の改善

初版テキストを用い、前項に述べた ~ の点を配慮しながら平成7年度の実習運営を試みた。その結果、以下の成果を得ることができた。

- ・テキストの図解説明とデモンストレーションのリンクは学生におおむね好評であった。
- ・安全作業の指導を徹底することができた。
- ・学生の半自立的な反復作業は、作業手順の認識を早め、忘却の防止に有効であった。

一方で、以下のような改善すべき点が具体化した。

- ・デモンストレーションを主体に口頭説明に頼った運営を行った結果、説明時間にムラが生じやすく、実習の進行管理に支障をきたすケースもあった。
- ・特定の作業で初回作業の誤作率がやや高い傾向を示し、デモンストレーション手法を見直すと同時にテキストの記述内容を詳細化したほうがよいと判断される箇所があった。

以上を踏まえ、初版テキストの考え方を基本に改訂テキストを作成し、実習運営の改善を図った。改善にあたって特に考慮した点は以下のとおりである。

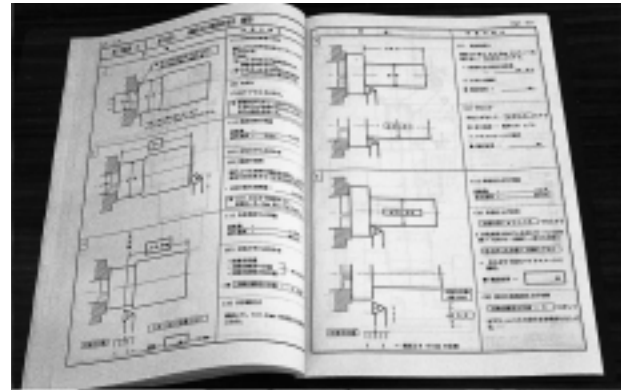


図6 改訂テキスト

テキストの持つウエイトを若干重くし、学生が初めて経験する作業については原則として『Detailed Flow』に沿った説明を記述する。

工具や機械の動きを示した図解説明をより詳細化し、学生自身が行うべき動作とリンクしたイメージづくりを促す。

作業単位ごとに逐次学生が自らの製品を自己採点できる形態とし、個別の指導に役立てると同時に指導方法の改善の参考とする。

この結果、改訂テキストは初版に対して2倍近い総頁数76頁のものとなった。

改訂テキストを図6に示す。

## 6. テキストの効果と実習プログラム

平成8年度以降は、前述の改訂テキストを用い実習運営も修正しながら現在はほぼ時間的に固定化してきている。表2に現在の実習プログラムの細目と時間配分を示す。

また、一方でテキストと実習運営の効果を測る手段として、学生が自己採点した結果を利用しているが、外径加工の習得度を表す一例を表3に示す。

この結果によると、平成9年度は指定寸法公差である0.03mm内に加工できた学生の比率が微減しているものの、ほぼ4名のうち3名強が3回目の実習

表2 実習プログラム

週目	時限	実習内容
1	1	旋盤各部名称説明(デモ・実習) ハンドルとレバーの操作(デモ・実習)
	2	工具の段取りの仕方(デモ・実習)
	3	材料の段取りの仕方(デモ・実習)
2	1	工具・材料の段取り(実習) 端面切削の仕方(デモ)
	2	端面切削(実習) 外径加工の準備の仕方(デモ・実習)
	3	外径荒削り・中仕上げの仕方 およびノギス測定(デモ・実習)
3	1	工具・材料の段取り(実習) 端面切削(実習)
	2	外径段付け加工の仕方(デモ) 外径段付け加工(実習) (荒削り・中仕上げ)(実習)
	3	マイクロメータ測定(デモ・実習)
4	1	工具・材料の段取り(実習) 外径仕上げ加工の仕方(デモ・実習)
	2	外径段付け仕上げ加工の仕方(デモ)
	3	段付け仕上げ加工(実習) 各部測定(実習)
5	1	工具・材料段取りと外径段付け加工の復習 (実習)
	2	溝入れ加工の準備と加工の仕方(デモ)
	3	溝入れ加工(実習)
6	1	工具・内径加工材料段取り(実習) 内径材料の外径加工(実習)
	2	穴開け加工(デモ・実習) 内径加工の仕方(デモ)
	3	内径加工・測定(実習)
7	1	工具・材料段取り(実習)と
	2	内径段付け加工(デモ・実習)
	3	ねじ切り練習材料の下加工(実習)
8	1	工具・材料段取り(実習)と
	2	ねじ切り加工の仕方(実習)
	3	ねじ切り加工・最終測定(実習)

注) 1時限は90分

表3 学生の修得度の一例

第3週目の外径加工で指定寸法公差内(0.03mm)に加工できた学生の比率	
平成8年度生	平成9年度生
78.9%	76.5%

までに外径加工をマスターできている。

これは、1日360分=6時間の実習を連日行えるならば、2日程度で外径加工の基礎がおおむねマスターできることを意味しており、比較的良い成果が得られている。

## 7. おわりに

旋盤加工の実習課題と運営、テキスト開発の一例について紹介してきたが、本実習プログラムの導入部分は旋盤加工の経験がない方々の在職者訓練にも利用し、今のところ良い成果が得られている。

また、学生に対する通常の実習においても特にトラブルもなく運営できており、冒頭に紹介した空気圧式マニピュレータは在学生全員が1年終了時に無事完成させている。

このように明確な到達目標を達成するための実習では運営方法のプログラム化が不可欠であり、同時に機械加工の実習に携わる指導者の精神的・肉体的負担の軽減の一助となりうると考えているが、筆者自身機械加工の経験がきわめて浅く一層の改善の余地が多く残っていると思われる。特に表3の結果は必ずしも十分なものとはいえないであろう。

今後も経験不足である分、むしろ受講者側に近い視点から自己評価を続けながら実習運営やテキストの改善を進めて行きたいと考えているが、各位からの助言、おしかり等をいただければ幸いである。