

群 教 セ	G08 - 05
	平17.299集

NCルータを用いた木材加工における テキスト及び操作マニュアルの作成

－ プログラミングの基礎から機械操作にいたるまで －

特別研修員 坂西 成人 （群馬県立利根実業高等学校）

《 研究の概要 》

NCルータによる木材加工は、機械にプログラムを入力し、材料のセッティングができれば、同じ作品を何度も正確に製作することができる。しかし、独自のプログラムは高校生には難解であり、作品の加工にいたるまでの工程数も多い。そこで、NC加工に必要な基礎的な知識や技術を身に付けることのできる生徒の実態に即したテキスト及び操作マニュアルを作成した。これらを活用することで、課題作品の製作をすることができた。

キーワード 農業教育 課題研究 木材加工 プログラミング】

はじめに

近年、木工製品の人気が高まり、木材加工分野においても、安全で精度が高く、高度な作品製作が可能な高性能加工機械が開発・導入されている。現在、本校森林科学科における「木材加工」では、糸のこ盤による小物の作品製作から自動かんな盤や丸のこ盤を用いた大型の作品製作、さらに県内の高校に唯一導入されているNCルータ（図1）とレーザー加工機を用いた高度な作品製作へと展開できるシステムを導入している。

また、本校は今年度から学科改変が始まり、現1年生は2年次からコース選択となるが、森林科学コースの「木材加工」は、時代の流れとともに、高度な作品製作に関連する教材を充実させていく必要がある。しかし、NC加工においては、本校生徒の実態やカリキュラムに即したテキスト等がないため、テキストの作成が求められている。

NC加工は、すべての動作を独自のプログラミングによって機械を動かすため、そのプログラムをチェックできる基礎知識がないと切削作業はできない。また、機械操作を行うオペレーターとしての技能も必要である。

本校生徒のNCルータに対する興味・関心は高いが、コンピュータに対して苦手意識を持っているため、生徒から敬遠されているのが現状である。

以上の理由から、本研究に当たり、プログラミングの基礎的な内容を理解できるプログラミングテキスト及び機械操作を習得できる操作マニユア

ルを作成し、これらを活用することで、生徒がNC加工に必要な知識と技術を確実に習得できると考え、本主題を設定した。

図1 NCルータ NC16-R0A



研究の内容と方法

1 基本的な考え方

NCとは、Numerical Controlの略であり、数値制御を表す。すべての加工動作を定められた形式の数値に置き換え、NC制御指令として機械に伝える仕組みである。加工順序に従ってプログラミングを行い、切削作業を正確に行うためには、生徒のみに限らず、職員にも活用できるNCプログラミングの基礎を分かりやすく解説したテキストを作成する必要がある。また、機械操作を解説したマニュアルの作成においては、生徒の実態に即した内容にすることも十分考慮し、できる限り画像を

取り込んだ実践的なマニュアルの作成が効果があると考えられる。

以上のことから、プログラミングテキストでは、特にプログラム作成上留意すべき点に、操作マニュアルでは、プログラムチェックに、重点を置いた内容とする。また、指導上の留意点を付け加えた教師用テキストも作成し、生徒がNC加工に必要な知識と技術を確実に習得できるようにする。

2 テキストの内容

(1) プログラミングテキスト及び操作マニュアルの構成

プログラミングテキストは、A4版23ページからなる。テキストの内容は、点や円の中心点の座標を求める基礎的な練習問題からNCプログラミングに必要な機能を解説し、課題作品の「TONE」というローマ字を切削できるプログラミング作成までとする。表1にプログラミングテキストの内容一覧を示す。

一方、操作マニュアルは、NCルータの操作マニュアルを基本とし、A4版31ページからなる。イメージしやすいようにNC操作盤等の画像を取り込み、ボタンやトグルスイッチ等の説明を分かりやすく解説した。操作手順を分かりやすくするため、プログラミングの入力については、ポイントを吹き出しで解説した。また、プログラムチェック等の機械操作においてポイントとなる箇所は、楕円で囲んだ。表2に操作マニュアルの内容一覧を示す。

表1 プログラミングテキストの内容一覧

プログラム作成における数学
NCルータの概要
1 NCとは
2 NCマシンの長所
3 機械概略
NCルータの加工手順
プログラミング
1 プログラムの構成
2 デイメンションワード(X、Y、Z、R、I、J)
3 送り機能(F)
4 アドレス一覧表
5 準備機能(Gコード)
(1) 平面選択(G17)
(2) アブソリュート指令とインクリメンタル指令
(3) 早送り位置決め(G00)

(4) 直線補間(G01)
(5) 円弧補間(G02、G03)
(6) 工具径補正(G41、G42、G40)
(7) 工具長補正(G43、G44、G49)
(8) イグザクトストップモード(G61)
(9) 切削モード(G64)
6 補正機能(D、H)
7 補助機能(Mコード)
8 メインプログラムとサブプログラム
NCルータプログラミング及び解説
1 機械基準点と加工原点の位置関係
2 工具経路図
3 NCプログラム「TONE」の作成
4 NCプログラム「TONE」の解説

表2 操作マニュアルの内容一覧

NCルータ実習室機械配置図
NC装置操作盤の説明
1 CRT/MDIユニット
2 MDIキーボード
3 機能キー
4 編集キー
NC機械操作盤の説明
1 電源・アラーム・吸着
2 主軸
3 NC機能
4 手動速度・モード替・オーバーライド
5 位置操作
6 電源操作
NCルータの電源起動まで
機械原点復帰
治具・加工材料のセット
ルータビットのセット
プログラムの入力(MDIキーボードからの手入力)
1 入力準備
2 プログラムの打ち込み
3 プログラムの照合、修正、確認
加工原点セット
オフセット量(工具長・工具径補正量)の入力
プログラムチェック
1 総合位置表示による各軸の動きのチェック
2 Z軸キャンセルによる機械動作のチェック
3 工具長補正による機械動作のチェック
1 切削
1 試作加工
2 調整、検討
3 加工

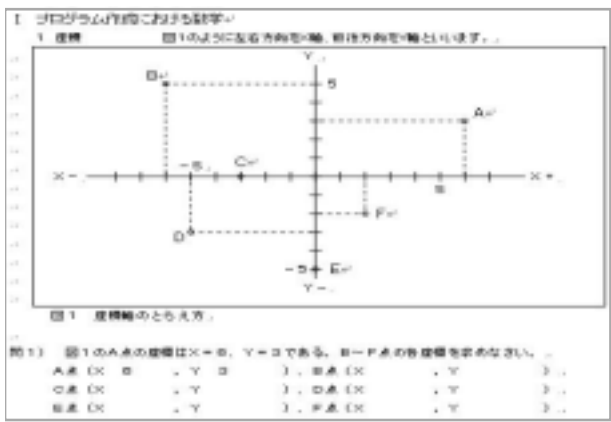
(2) プログラミングテキストの主な工夫点

NCルータの基礎・基本が効率的に習得できるように次のように工夫した。始めに、XY座標の初歩的な練習問題を行い、座標の確認を行う。次に、プログラムの構成要素であるGコードやMコードの各機能の学習ができる。最終的には課題作品「TONE」のプログラミングができる仕組みとした。

ア プログラム作成における数学

NCルータのプログラム作成において、座標値は常に扱う。そのため図2に示すように、各点の座標を求める初歩的な練習問題を作成した。

図2 プログラム作成における数学

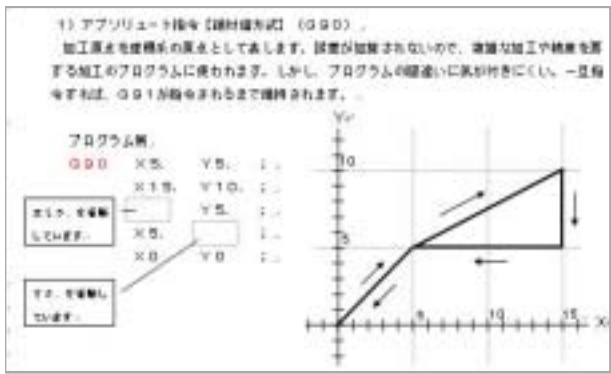


イ アブソリュート指令とインクリメンタル指令

図3は、座標軸の原点から矢印のように原点に戻ってくるプログラムをアブソリュート指令で解説した画面を表示したものである。同じ動き方をインクリメンタル指令でも解説し、考え方の違いを示した。

プログラミングを行うとき、どちらか一方の指令を選択するが、これにより生徒は座標値の求め方を確認できる。

図3 アブソリュート指令の解説を示す画面

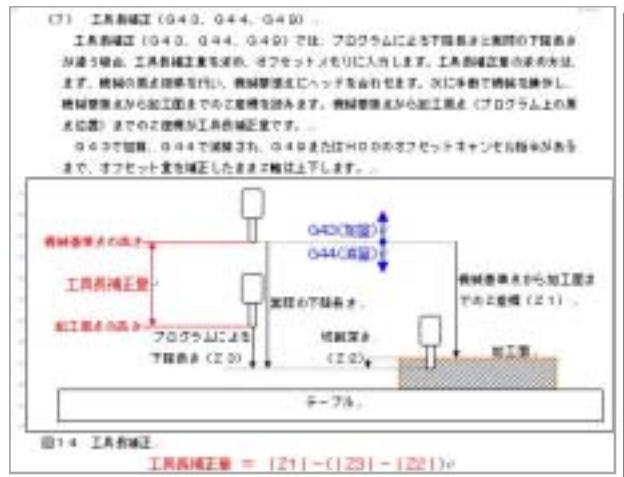


ウ 工具長補正

図4は、工具長補正量を求めるため、ルータービットと加工材の関係を図に示し、補正量を求める式を導く画面を表示したものである。工具長補正量を求めるためには、オペレーターとしての技術が必要である。

これにより生徒は、機械基準点から加工面までの座標を求めることによって、工具長補正量を算出することができる。

図4 工具長補正



エ 補助機能 (Mコード)

準備機能 (Gコード) や補助機能 (Mコード) については、一覧表を作成し、プログラム作成において活用しやすいように表にまとめた。Mコードの一覧表の一部を図5に示す。

図5 補助機能 (Mコード) の一部

Mコード	説 明
M00	自動運転を一時停止します。その後、自動運転再開のタイミングで動きを再開できます。人間の作業中は中で入るに備わっています。
M02	エンドオブプログラムと呼ばれ、メインプログラムの最後に使います。自動運転を終了し、リセット状態になります。
M30	エンドオブプログラムと呼ばれ、自動運転を終了し、リセット状態にし、プログラムの開始に戻ります。M02と同様、プログラムの終了はM30を使用します。
M99	サブプログラム呼び出し、メインプログラムと別の軸にプログラムを呼び出し、それを実行させるときに用います。
M98	エンドオブサブプログラムと呼ばれ、サブプログラムの最後に使います。サブプログラムを終了し、メインプログラムに戻ります。
M06	ヘッド回転制御。ヘッドが回転します。
M07	ゼロリ (ヘッドリセット) またはゼロリ (ヘッドリセット) と一緒に使います。
M08	ヘッド回転停止。本機の回転を停止します。
M09	ゼロリ (ヘッドリセット) またはゼロリ (ヘッドリセット) と一緒に使います。

オ NCルータプログラミング及び解説

図6に示すように、「TONE」という文字を切削するのに当たり、機械基準点と加工原点の設定を示した。

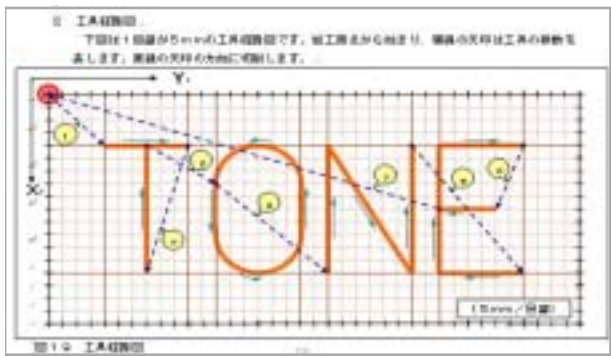
これにより生徒は、機械基準点と加工原点の設定を確認でき、プログラミングにおいてイメージしやすくなる。

図6 NCルーチプログラミング及び解説



図7に示すような工具経路図により、プログラムを作成するための加工原点からの切削順序を示した。これにより生徒は、切削順序及び切削長さを確認でき、座標値を求めることができる。

図7 工具経路図



カ NCプログラム「TONE」の解説

図8に示すように、NCルーチプロセスシートに、プログラムを記入し解説を付け加えた。

これにより生徒は、自分で作成したプログラムの正誤を確認できる。

図8 プロセスシートによる解答及び解説

加工順序	加工内容	加工条件	加工速度	加工時間	加工位置	加工状態
1	加工原点設定					
2	加工開始					
3	加工終了					
4	加工完了					

(3) 操作マニュアルの主な工夫点

操作盤のボタン等の画像に説明文を加え、操作を分かりやすくした。また、一つ一つの説明にも画像や図を取り入れ、ポイントとなる箇所は吹き出しで説明を加え、視覚的にも分かりやすく解説した。これらの工夫により、生徒は戸惑うことなく、正しく操作できる。

ア NCルーチ実習室機械配置図

図9に示すように、本校NCルーチ実験室の機械配置及び各電源の位置を示すことにより、初めての入室時においても、戸惑うことなく機械をセットできるようにした。

図9 NCルーチ実習室機械配置図



イ NC機能

図10に、NC機能のトグルスイッチの画像と各スイッチの名称を示した。また、各スイッチの説明を表にして付け加えた。

図10 NC機能

番号	NC機能の説明
①	プログラムチェック
②	ゼロリセット
③	プログラムリロード
④	プログラムストップ
⑤	プログラムリセット
⑥	プログラムリロード
⑦	プログラムストップ
⑧	プログラムリセット
⑨	プログラムリロード
⑩	プログラムストップ
⑪	プログラムリセット
⑫	プログラムリロード

ウ NCルーラの電源起動

図11に示すように、本校NCルーラの電源を起動するまでの工程を画像で示し、その説明を付け加えた。

図11 NCルーラの電源起動まで説明したページ



オ プログラムの打ち込み

図13に示すように、プログラムの打ち込みを解説し、ポイントとなる箇所については画像で示し、黄色の楕円や吹きだしで説明を付け加えた。

図13 プログラムの打ち込み



エ 機械原点復帰

図12に示すように、MDIキーボードからの手入力をするボタンについては、黄色の四角で示しその名称を付け加えた。NC機能のトグルスイッチも黄色の楕円で示し、その説明を付け加えた。

図12 機械原点復帰



カ オフセット量の入力

図14に示すように、オフセット量の入力のやり方を画像を用い順序だてて解説し、ポイントとなる箇所については画像で示し、黄色の楕円や吹きだしで説明を付け加えた。

図14 オフセット量の入力



授業実践

1 授業計画

- (1) 実践科目 課題研究
- (2) 授業実践校 群馬県立利根実業高等学校 森林科学科3年生(男子5名、女子2名)
- (3) 場所 森林科学科棟 森林環境室及びNC実習室
- (4) 指導時間 12時間(2単位)
- (5) ねらい NCプログラミングを理解するとともに、課題作品のプログラムを作成し作品を製作することにより、NCルータの基本的な知識や技術を習得する。

2 指導経過

時間	指導項目 (テキスト等の位置づけ)	学習活動	評価規準	生徒の反応
2	【プログラミングテキスト】 ・NCプログラム作成における数学	<ul style="list-style-type: none"> ・X軸・Y軸・Z軸及び(+、-)方向について理解し、座標値を求める練習問題に取り組む。 ・点と点を結び、各線分における移動量をX、Y方向で表す練習問題に取り組む。 ・円弧の定義を理解し、円弧の中心点及び半径を求める練習問題に取り組む。 	<ul style="list-style-type: none"> ・図の座標を読みとることができる。 (思考・判断) ・座標値から図にプロットできる。 (技能・表現) ・直線、座標、線分の移動量及び円弧の定義を理解している。 (知識・理解) 	<ul style="list-style-type: none"> ・座標軸の目盛を読めない生徒がおり、質問してくる生徒が多かった。 ・数学が苦手な生徒からは「大変だ」といっている姿が見られた。 ・図の目盛は5ポイントずつに振ってあったので、座標を読み取りに戸惑った生徒がいた。
	・NCルータの概要	<ul style="list-style-type: none"> ・実習室のNCルータで各軸及び(+、-)方向を学ぶ。また、各部の名称を覚える。 	<ul style="list-style-type: none"> ・NCルータに関心を持ち各部の名称を覚えようとする意欲的に取り組んでいる。 (関心・意欲・態度) 	<ul style="list-style-type: none"> ・NCルータに興味をもった生徒も多く、「これ、どうやって動くの」と質問していた。
	・NCルータの加工手順	<ul style="list-style-type: none"> ・NCルータの加工手順について学ぶ。 	<ul style="list-style-type: none"> ・機械の名称及び機械の加工動作について理解している。 (知識・理解) 	<ul style="list-style-type: none"> ・実際に機械を動かさなかったため、加工手順をイメージするのに苦心していた。
2	・プログラミングプログラムの構成	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラムの構成を機械動作と関連づけて学ぶ。 	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラムの構成について関心を持ち、意欲的に取り組んでいる。 (関心・意欲・態度) 	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラムの構成については、はじめての考え方なので戸惑いも多く見られたが、「なるほど」とか「分かった」という声を聞くことができた。
	準備機能 インク外指令 直線補間 円弧補間 工具長補正 補助機能	<ul style="list-style-type: none"> ・準備機能について学ぶ。 ・インクリメンタル指令による直線補間や円弧補間について学ぶ。 	<ul style="list-style-type: none"> ・NCプログラムの構成や準備機能、補助機能等について理解している。 (知識・理解) ・図より直線補間や円弧のプログラムが組める。 (技能・表現) 	<ul style="list-style-type: none"> ・直線補間のプログラム作成はできたが、他の機能については質問してくる生徒が多かった。

2	<ul style="list-style-type: none"> ・NCルータプログラミング及び解説 	<ul style="list-style-type: none"> ・課題作品をもとに、その工具経路図より、プログラムを作成する。 <p>-----</p> <ul style="list-style-type: none"> ・インクリメンタル指令でプログラミングし、プログラムをプロセスシートに記入する。 ・作成したプログラムと解答を照合し、プログラムの修正をする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・工具経路図の座標を読み取ることができ、プログラムの構成を理解し、作成することができる。 <p>(技能・表現)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小数点の記入に注意し、誤記がないようプログラムを作成できる。(思考・判断) 	<ul style="list-style-type: none"> ・工具経路図は5mm/目盛で描かれているが、移動量を勘違いして計算する生徒がいた。 ・直線補間や円弧補間はできたが、機械基準点と加工原点の位置関係が分からない生徒がいた。 ・自分で作ったプログラムの解説において、「こうなってしまうか」という声が聞かれた。
2	<p>【操作マニュアル】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実習室機械配置 ・NC操作盤の説明 ・NCルータ電源起動 	<ul style="list-style-type: none"> ・NC実習室の使用方法及びNC機械の特徴を理解する。 	<p>NC実習室の使用方法及びNC機械の使用について理解している。</p> <p>(知識・理解)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・初めてNC機械を操作するため、テキストをみて、「次はこのボタンですか」と確認しながら操作をしていた。 ・動作が分からなく機械が動作してから戸惑う生徒もいた。
	<ul style="list-style-type: none"> ・機械原点復帰 	<ul style="list-style-type: none"> ・NC電源を起動し、機械原点復帰をする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・原点復帰の正しい操作ができる。 <p>(技能・表現)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・動作が分からなく機械が動作してから戸惑う生徒もいた。
	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラムの入力 	<ul style="list-style-type: none"> ・NC操作盤のボタン等、プログラム入力に際して扱うキーの特徴を理解し、課題作品のプログラムの入力をする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・操作盤の正しいキー操作により、プログラムを正しく入力することができる。 <p>(技能・表現)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラム入力は予想していたよりも早く入力できたが、誤入力のときの訂正に戸惑っていた。
3	<ul style="list-style-type: none"> ・加工原点セット ・オフセット量の入力 	<ul style="list-style-type: none"> ・加工材をセットし、加工原点の座標を求め、オフセット量を計算し、オフセット画面より値を入力する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・加工原点の座標値からオフセット量を計算し、求めることができる。 <p>(思考・判断)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・加工原点セットは慎重に行っていた。 ・オフセット量の計算は加工原点を図示しながら、「こんなのか」と納得していた。
	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラムチェック 	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラムチェックを3段階に分けて実施する。 <p>-----</p> <ul style="list-style-type: none"> ・加工経路に誤りがある場合はプログラムの修正をする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・安全にプログラムチェックができるように、適切に操作ができる。 <p>(思考・判断)</p> <p>-----</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プログラムの修正ができる。 <p>(技能・表現)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラムチェックは座標値を真剣に読み取っていた。オフセット量を変更する際は、プログラムとオフセットナンバーを友人同士で確認しながら慎重に行っていた。
1	<ul style="list-style-type: none"> ・切削 ・後かたづけ 	<ul style="list-style-type: none"> ・原点復帰後、加工材料を正確な位置に吸着固定し、サイクルスタートボタンを押し、切削加工する。加工後、寸法精度、表面形状などを確認する。 ・必要があればプログラムの修正を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・加工材料を正確にセットし、吸着できる。 <p>(技能・表現)</p> <p>-----</p> <ul style="list-style-type: none"> ・適切な切削操作ができる。 <p>(思考・判断)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・切削時において、正しく機械が動作するか、真剣な表情で見っていた。 ・自分たちが作ったプログラムで切削が行われており、「すごい」と感動している生徒もいた。

結果と考察

1 プログラミングテキスト及び操作マニュアルを活用して

プログラミングテキストについては、学習が進んでいく段階で忘れてしまったことをフィードバックし「自ら進んで取り組む学習」の一助となり、プログラミングへの理解を深めていた。図15にプログラムの入力の様子を示した。

図15 プログラム入力の様子



授業実践終了後に生徒に行った、プログラミングテキストの理解度に関するアンケート結果を、図16に示した。

図16 プログラミングテキストの理解度

プログラミングテキストは理解できましたか。

よく理解できた	2人
なんとなく理解できた	4人
理解できなかった	2人

NCプログラムは、独自のプログラムであるが、中学校で学んだ座標の基礎知識を振り返り、プログラムの基礎・基本から学べるテキストを作成したことから理解できた生徒が多かったと考える。また、図を多く取り入れたことから視覚的に、理解を助けたと考える。

一方、生徒は、操作マニュアル通りに操作することで、確実に課題作品「TONE」の製作をすることができた。このことから操作マニュアルは使いやすいものであったと考える。図17に生徒の作品例を示した。

図17 課題作品「TONE」(生徒の作品例)



また、思い通りに動作しなかった場合にも、マニュアルを見ることで簡単に確認を行うことができ、効率的な学習ができていた。

授業実践終了後に行った、操作マニュアルの理解度に関するアンケート結果を、図18に示した。

図18 操作マニュアルの理解度

操作マニュアルは理解できましたか。

よく理解できた	4人
なんとなく理解できた	2人
理解できなかった	1人

操作マニュアル通りに確認をしながら機械操作を行っており、実際に一つの作品を仕上げようと積極的に取り組んでいた。各ボタンやスイッチは、画像で示されているため分かりやすいという意見も聞かれた。

図19に今回の授業の取り組みに対する生徒のアンケート結果を、図20に今回の授業における生徒の感想の一部を示した。

図19 学習への取り組みの様子

自分の学習の取り組みはどうでしたか。

よかった	3人
ふつう	3人
わるかった	1人

NCプログラムは生徒にとって新しい学習であったが、基礎・基本を理解しながら学習を進めていくため、面白さがあったのではないかと考えている。機械操作においては、今まで操作したことのない大型の高性能機械であるため、興味・関心が高く、ふだんの授業よりも積極的に取り組んでいた。

図20 授業の感想の一部

授業を通じ、何か思ったことがあれば書いてください。

- ・プログラミングはいまいち分かりづらい。
- ・テキストが間違っていて機械がうまく動かなかった。
- ・もっと早く教えてほしかった。
- ・写真が多く、操作しやすかった。
- ・NCルータを動かしてよかった。

生徒は、テキスト通りに一つ一つ積み上げて学習することによりプログラムを完成させ、正しい機械操作を行うことにより、作品を製作したことが分かった。写真が多く操作しやすかったという意見もあった。

以上のことから、授業実践後、訂正点や改善点が見つかり、まだまだ改良すべき点はあるが、本研究で作成したプログラミングテキスト及び操作マニュアルを有効に活用して学習を進めることで、作成したプログラムを基に課題作品の製作ができることが分かった。このことは、NC加工に必要な基礎的な知識と技術を習得させるのに、本研究で作成したプログラミングテキスト及び操作マニュアルが、有効であったと考える。また、課題作品の完成により、生徒の達成感や向上心を養うことができたと考える。

2 森林科学科の先生方の意見から

森林科学科の先生にも教材を見ていただき、先生方から出た意見を図21に示した。

図21 先生方から出た意見

- ・プログラミングテキストは一読しただけでは分かりずらく、プログラム作成において決まり事があるのであれば、それを載せてほしい。
- ・自分にもできそうな気がするが、やってみないと分からない。
- ・来年度からのコース制に伴い、2年次の課題研究から実施してみてもどうか。
- ・違う作品のプログラミングも欲しい。
- ・教師編ではポイントごとにコメントがあり、どこに注意して指導すればよいか分かる。

まだ森林科学科の先生には授業で扱ってもらっていないが、これらの意見を参考に応用性や発展性につながるようにテキストを更新し、授業で実践したいと考えている。

まとめと今後の課題

1 プログラミングテキスト及び操作マニュアルの評価

以前からプログラミングは難しいという感じを受けていたが、授業実践を通して本校生徒の実態を考慮すると、おおむね満足 of いく結果である。プログラミング学習を自ら進め、理解を深めた生

徒が実際に課題作品を製作できたことから判断して、プログラミングテキスト及び操作マニュアルは有効であったと考える。

2 プログラミングテキスト及び操作マニュアルの活用時期について

本テキスト等は、課題作品「TONE」を製作するために構成されている。今後、個々の生徒の応じた応用作品の製作を考えると、少なくとも2年次後半から3年次前半に実施すべきと考える。

3 本校職員におけるテキストの共通性

NCルータの専門性は高く、簡単に理解することは難しいと考えるが、本テキスト等はその基礎的知識を念頭におき作成した。今後、本校職員の大いなる活用が期待できる。

4 テキストの更新

NCルータの応用性や発展性を考えると、作成したテキストの内容は、まだ十分であるとはいえない。本研究は、一枚の木製板に文字を掘ることを目的として作成したが、ルータビットを変えることにより、額縁や筆箱が本プログラムの応用で作成することができる。今後いろいろなパターンの作品例を示し、可能な限りテキストの更新を考えている。

参考文献

- ・独立行政法人 雇用・能力開発機構 職業能力開発総合大学校 能力開発研究センター編 『NC工作機械[1]NC旋盤』 『NC工作機械[2]マシニングセンタ』 『NC工作概論』 社団法人雇用問題研究会(2005)
- ・『NC木工機械のためのプログラミング』 日本建材新聞社(1992)
- ・群馬県立高崎産業技術専門校 インテリア木工科 『NCルータ プログラミング 機械操作 NC16-ROA編』 テキスト(2005)
- ・庄田鉄工株式会社 『NC16-ROA 取扱説明書』(1999)

(担当指導主事 立見 康明)