

技術・家庭科における N.C. 旋盤を用いた制御基礎教材の開発

秋 山 剛 志 ・ 関 根 文 太 郎 ・ 桐 田 襄 一

(東山中学校)

(京都教育大学)

(京都教育大学)

Development of the Basic Teaching Materials Using of the N.C. Lathe in Technical and Homemaking Education

Tsuyoshi AKIYAMA, Fumitaro SEKINE and Jhoichi KIRITA

2001 年 11 月 30 日受理

抄録：技術・家庭科技術分野「情報とコンピュータ」の授業をコンピュータ制御によって行える教材・教具の開発を行った。本システムの特徴は Windows 上で操作できる N.C. 加工機を用いて 2 軸制御ができることである。加工データは、汎用 N.C. 加工機で使用されている G コードを採用している。本教材はコンピュータ制御技術における利便性などが学習でき、コンピュータ制御の理解が促進され、木材加工や金属加工についても幅広い学習に应用できるよう開発したものである。この教材を用いて授業設計を試みている。

キーワード：情報とコンピュータ、コンピュータ制御、N.C. 旋盤、制御教材

1. はじめに

現在のコンピュータ環境は日々変化し多様化しており、生徒の使用しうるコンピュータの動作環境は Windows, Macintosh, UNIX, MS-DOS など様々である。また、近年産業技術は急速な進歩をとげ、とりわけ情報やコンピュータを応用した環境は急激に変化している。そのため、古い機械を使いこなせても最新の機械を使いこなせるとは限らない。たとえ、現在最新のコンピュータソフトウェアの使い方などを教えてもその生徒が将来、社会において技術に対処できるとは限らない。さらに、現状では中学校技術・家庭科において常に最新のコンピュータハードウェアとソフトウェアを導入して指導していくことは、財政上及び指導体制の上からみても極めて困難である。

現在、身の回りを見回してみると多くの電化製品を含めた様々な機器がコンピュータによって制御されている。例えば電子炊飯器や電子レンジ、ビデオデッキ、洗濯機、エアコンなどの電化製品などである。自動車のエンジン制御やエアコンの制御などは直接目に見えない部分でワンチップあるいはワンボードのコンピュータによる制御が行われている。今後、日常を含め生徒をとりまく生活環境の中で使用されているコンピュータ制御には、生徒が目にするようなパーソナル・コンピュータなどではなく機械の中にチップ化あるいはボード化されて、組み込まれたコンピュータによる制御が増えて行くと考えられる。そのため、生徒はコンピュータによる制御を意識せず使用する機会がますます多くなる。

このような状況を踏まえて、日常生活の中でコンピュータを使ったシステムを理解し正しく使用するために、中学校技術・家庭科において制御に関する教材を開発し、授業設計を試みた。

1. 学習指導要領における「制御」

平成 10 年度学習指導要領¹⁾の技術分野では、内容が「技術とものづくり」と「情報とコンピュータ」になっている。これにより従来の「金属加工」や「木材加工」の内容が大幅に削減されて「技術とものづくり」になり、これまでのように加工の技術を生徒が学習できる時間が減少している。従って、コンピュータと関連をもたせて、「木材加工」、「金属加工」を取り上げていくことは有効である。

また、「情報とコンピュータ」に関する指導内容については (1) ～ (6) の項目が設定されている。その中で (5) 及び (6) については選択項目として履修させることに定められている。(5) の内容としては「マルチメディアの特徴と利用方法を知ること。」と「ソフトウェアを選択して表現や発信ができること。」の 2 つがあげられて

いる。また(6)の内容としては「プログラムの基礎を知り簡単なプログラムの作成ができること。」と「コンピュータを用いて簡単な計測、制御ができること。」の2つがあげられている。しかし、コンピュータの進歩の著しい現在では(5)の内容は日々変化していく内容であり、(6)の内容とりわけ「コンピュータを用いて簡単な計測、制御ができること」は、今後生徒を取り巻く生活環境の中でコンピュータにより家電製品を制御する等、計測・制御がより身近なものとなることから必要である。ここで学習指導要領における「コンピュータ」という言葉が指している内容はほとんどがパーソナル・コンピュータのことであるが、実際に産業現場をはじめ、生活の中で機器を「制御」しているのは必ずしもパーソナル・コンピュータとは限らない。そのため、パーソナル・コンピュータを使用した制御教材は、実際の機器に組み込まれているワンチップやワンボードのマイクロ・コンピュータによる制御をやさしく理解できるようにする必要がある。

これらのことから、技術科としては今後重要になってくる「制御」について平成10年度学習指導要領の(5)と(6)のうち(6)の内容に重点をおくことになる。

2. 「制御」の学習内容

「制御」という言葉の意味は非常に広く、「ある目的に適合するように、対象となっているものに所要の操作を加えること」となっている。「制御」は対象に所要の操作を加える方法の違いによって手動制御と自動制御に分けられている。「制御」を人間が行う場合を「手動制御」といい、人間の代わりに機械が行うのものを「自動制御」という。手動制御の歴史は非常に古く人間が進化する課程において道具を使うために手動制御が行われてきた。「基礎自動制御」²⁾によると、1765年にワットが発明した蒸気機関に取り付けられた遠心錘による調速機によって速度を一定に保っていたが、これが自動制御のはじまりとなる。当時の自動制御機構は遠心力を利用した機械的な制御で精度もあまり高くはない。しかし、産業の発展と共に高度な制御技術が求められるようになり、コンピュータの出現によりコンピュータを使用した制御が行われるようになる。これは制御というものが微分方程式などの数式によって関連づけられ、高度な制御を行うためにはコンピュータを利用して高速な演算と操作が可能となったからである。

本来、「制御」というものは高度な専門的知識と計算力を必要とするものである。しかし、中学校技術・家庭科においてそのような専門的な制御理論を学習する必要はない。中学校技術・家庭科において学習すべき「制御」の学習内容は、その制御構造や制御の仕組みを取り上げて生徒に理解させるだけではなく、システム全体を理解するとともにコンピュータ制御が多数使用されるようになった背景やコンピュータ制御の利点、欠点、簡便性なども体験的に学習できるようにし、技術そのものの功罪も吟味できるような教材が望まれている。そこで技術・家庭科において学習すべき「制御」の学習内容を「制御基礎」と定義する。

3. 制御基礎教材の開発

これまでのパソコンでは、Basic言語などを使用して直接通信ポートに接続することが可能である。しかし現在最も多く利用されているWindowsではプログラミング言語から直接通信ポートに接続するのではなく、「Windows」という基本ソフトを通して通信している。そのため、今までに存在した制御に関する様々な教材を、Windowsで使用するのには難しい。また、今までに出されていた制御に関する教材はBasic言語を使用しているものが多かったため、教材を動作させるためにはBasic言語の知識が必要になる。そのため、授業でその教材を使用するときには、まずBasic言語の使用方法和プログラムの方法を教える必要がある。このような授業を行うと、制御に関することよりもプログラムに関する部分に時間をとられ実際に制御を理解するという授業の目的をはたせない。

平成10年度学習指導要領によると情報とコンピュータに関する指導内容には「生活や産業の中で情報手段の果たしている役割」という記述がある。生活の中では、身の回りにある電化製品の多くにマイクロコンピュータによる制御技術が用いられている。産業界ではFA(Factory Automation)によって工作機械がコンピュータ制御により製品を製造している。これまでの制御に関する教材では、制御技術が産業においてどのように使われているのかなどの「制御技術」と「産業や家庭生活」を結びつける教材とは言い難い。しかも、これらの教材は先ほど述べたように「制御」の学習内容よりもそれを動作させるためのプログラム作成に授業時間をとられ本来の制御において学習すべき内容を十分に学習できない。そこで、Windowsを使用して、簡単なプログラムを動作させることのできる新たな教材を開発することにした。

桐田³⁾によると技術・家庭科の情報とコンピュータ領域(旧情報基礎領域)の教材としては「本物のコンピュータの操作(活用), 簡単なソフトを用いて簡単なハードが動かせる題材(技術), 生活との関連で技術目的に対して価値判断できる課題(価値)の開発が必要である」と述べられている。さらに今後はコンピュータの操作だけでなく金属や木材の加工法と関連させることが出来れば非常に有効な教材となる。コンピュータによる制御基礎を学習するための教材として, 実際に木材や金属の加工を行い体験的にコンピュータ技術の功罪を吟味し, 木材や金属の加工技術とコンピュータの知識, 概念を結びつけられるように N.C. 旋盤を製作し制御に関する教材として評価・検討することとした。N.C. とは, 「数値制御, すなわち数値制御式工作機械において被加工物に対する工具の位置をそれに対応する数値情報で指令する制御(方式)のこと」⁴⁾と定義されている。この N.C. 旋盤を使用して, 木材や金属の加工をし制御に関する学習を行う。この教材によって金属や木材の加工法に関する知識とコンピュータの知識を統合し, N.C. 工作機械のシステム全体を理解することができる。

II. 本教材の内容

1. 教材製作条件の概要

今回, 制御に関する教材として以下の条件を考慮し, N.C. 旋盤を製作する。

- (1) 市販されている小型旋盤を改造して製作する。

旋盤本体から製作しようとする高度な工作技術と工作機械が必要になる。また, 製作に要する時間もかかるため, 市販されている小型旋盤に位置決め用モータ等の制御機器を取り付けて N.C. 旋盤を構成することとする。

- (2) 教材用として, N.C. 旋盤が販売されているが, 非常に高価なので低価格, 高性能の N.C. 旋盤を製作する。

- (3) 制御には, Windows が動作するパソコンを使用する。

加工データの作成およびデータの転送には, 現在中学校現場において一般的である Windows を搭載したパソコンを使用する。

- (4) 加工データは G コードを使用する。

加工データの形式には, G コード(汎用 N.C. 言語)を採用する。これは現在市販されている大型, 小型の N.C. 機器(旋盤・フライス盤など)に使用されている標準的な言語であり, 他の機械に利用範囲を広げることができる。また, G コードは日本工業規格(JIS)によって規格化されており, 日本国内はもとより世界中で採用されている標準的な言語である。プログラムに必要な命令文も少なく簡単にプログラムの作成が行える。以上の点より, G コードが有用であると考え採用する。

2. 機械部分

N.C. 旋盤を製作するにあたって製作した部品および改造するもとにした市販の小型旋盤について記述する。

- (1) ベースとなった旋盤

ベースとなる小型旋盤の選定条件を以下に示す。

- 1) 加工精度が高い
- 2) 値段が安価
- 3) 小型位置制御用 DC サーボモータによって十分に駆動可能である。

これらの条件に適合し, 容易に入手できる小型旋盤として株式会社酒井特殊カメラ製作所製の ML-210⁵⁾を使用することにする。ML-210 を図 1 に示し, 詳細な仕様を表 1 に示す。

表 1 SAKAI ML-210 仕様

センターの心高	52mm	往復台前後移動量	60mm
心間距離	210mm	往復台左右移動量	心間全域
主軸回転数	340, 650, 950 1100, 2100, 3100rpm	主軸モータ	コンデンサモータ 単相 100V 入力 130W 出力 70W
外寸	490 × 256 × 150mm	重量	7.7kg

表2 定格トルク / 回転数

回転数	137rpm
トルク	1.9kg-cm
回転方向	C C W

ML-210 の刃物台送り用のネジとして、M8P=1.0 の細目ネジが使用されている。位置制御用モータの軸が1回転すると刃物台が1mm進むことになる。位置制御用モータに使用している減速ギアは1/60で、光学式エンコーダの検出用スリットが1回転24本なので、スリットが1ピッチに対して刃物台が 6.94×10^{-4} mm進むことになる。今回、製作するにあたりモータ軸の半回転（スリットが12ピッチ）を最小移動量とする。このとき刃物台は、 8.3×10^{-3} ($6.99 \times 10^{-4} \times 12$) mm動くことになる。

位置決め用モータを旋盤に取り付けるため、軸とのジョイント金具やモータ取り付け金具を製作した。このようにして、製作した刃物台位置決め用モータおよび往復台位置決め用モータを取り付けるための部品と主軸用モータの部品を旋盤に取り付けた完成品を図3に示す。図4に示すように背面部には制御ボックスに接続するためのコネクタを配置している。今回は中学校技術・家庭科の授業において教材として使用する目的で製作したため、このまま使用すると切削粉や切削油が周囲に飛び危険である。そのため、図5に示すように加工している様子がよくわかり、周囲に切削粉や切削油が飛ばないように透明なカバーを製作し取り付けられている。

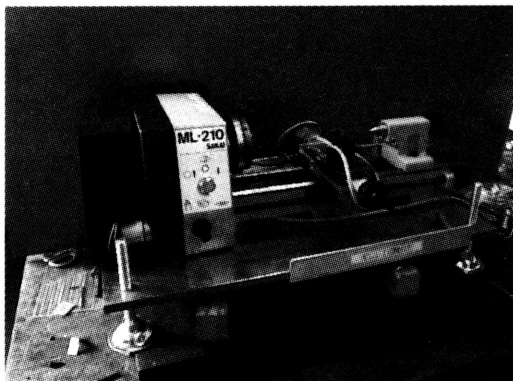


図3 製作したN.C. 旋盤

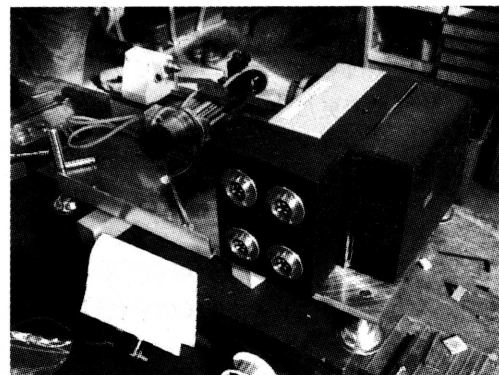


図4 N.C. 旋盤（背面）

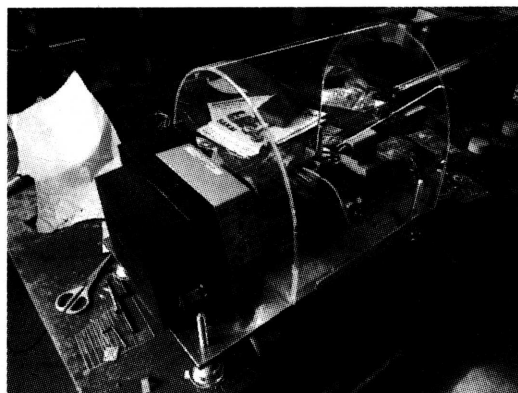


図5 カバーの取付

(3) 電気部分

N.C. 旋盤を製作するにあたって製作した電気回路、モータ駆動方式について記述する。全体の電気系統を図6に示す。

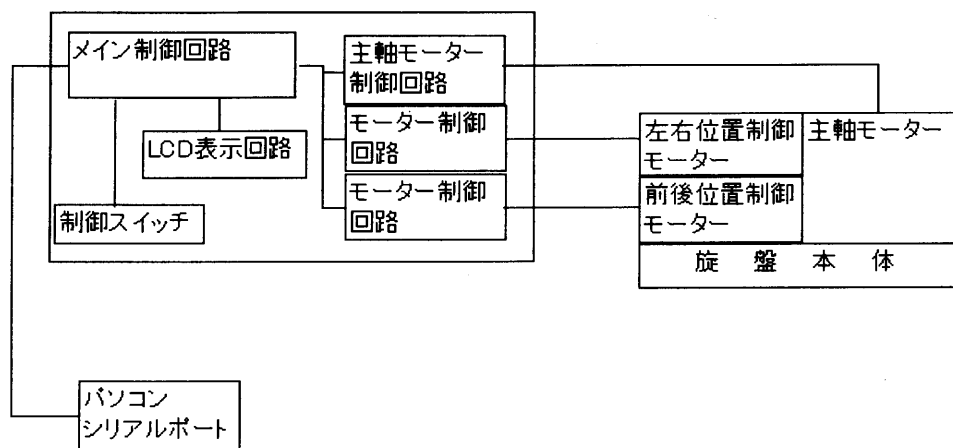


図6 各回路の接続

1) モーター制御方式（PWM 制御）および制御回路について

本教材において、位置決め用モーターの制御回路には一般の DC モーター制御に用いられる PWM（パルス幅変調：Pulse Width Modulation）駆動回路を採用する。パルス制御法は、モーターの回転速度を入力パルスのデューティ比（モーターに電力が供給されているときと休止しているときの割合）によって変化させる駆動方式で D/A 変換による電圧変化や抵抗を使用せずにモーターの回転制御ができるため、電力のロスが少ない。また、図7に示すようにデューティ比の変更だけで回転数の制御ができるので制御しやすい⁷⁾。ただし、周波数は常に一定で、10KHz ～ 数百 Hz の間で使用する。あまり周波数を小さくすると OFF タイムの時にモーターの回転が停止してしまうことになる。

PWM のパルス発振部には I/O ポートを 5 ポート装備したワンチップマイコンの PIC16F877-20⁸⁾ を使用して制御回路を製作している。この PIC16F877-20 は CCP（Capture Compeer PWM）機能を 2 チャンネル内蔵している。今回の PWM 発振部にはこの内蔵 CCP 機能を利用し、プログラムによってデューティ比の設定を行い、PWM 制御用のパルスはこれにより発振させる。

ワンチップマイコンの出力でモーターの動作電圧（24V）を制御するためにモータードライバの専用 IC を使用する。モーターの定格電圧、定格電流を考え、機能として正・逆転の切り替え逆電流防止用ダイオードなどを考えあわせた結果、TOSHIBA 製 TA7291P⁹⁾ を使用する。この IC は、入力端子のロジックによって正・逆転とストップ、ブレーキを表3のように切り替えすることができる。また、位置決め用モーターには光学式のエンコーダが取り付けられている。このエンコーダの出力は +5V の TTL レベルで出力され、直接ワンチップ・マイコンの I/O ポートに接続して回転数の検出を行う。

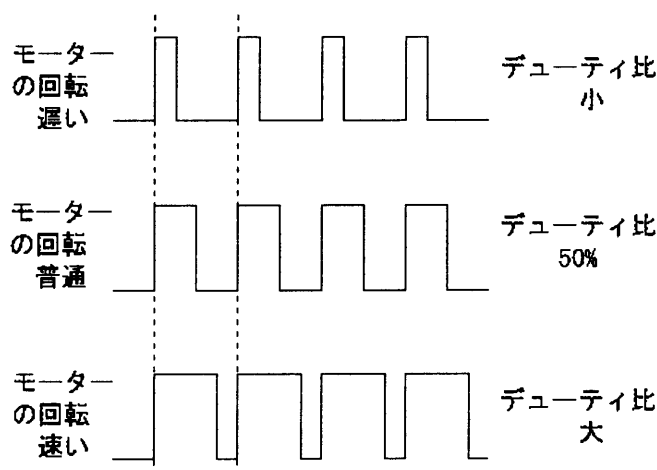


図7 PWM 制御

表3 TA7291P ファンクション

入力		出力		モード
IN1	IN2	OUT1	OUT2	
0	0	∞	∞	ストップ
1	0	H	L	CW/CCW
0	1	L	H	CCW/CW
1	1	L	L	ブレーキ

∞ : ハイインピーダンス

(注): 入力は "H" アクティブ

2) メイン制御回路・主軸モータ制御回路

コンピュータからのデータ転送は図6に示すようにシリアルインターフェースを利用し、双方向通信によって行われる。コンピュータから入力されたデータはメイン制御回路内の CPU によって処理され、I2C (Inter Integrated Circuit) バスによって接続されたモータ制御回路に信号が送られる。(I2C バスとはフィリップス社が 1980 年代に提唱したもので、2本の信号線 SCL (Serial Clock) と SDA (Serial Data) によって、どちらかというと比較的近い場所にあるデバイス間の情報伝達を行うためのシリアルインターフェースである。) I2C 対応のデバイスは基本的にインターフェースのための回路を内蔵していることになっているので、接続のための外付けの部品は必要がない。また、デバイスの追加削除も2本のラインへの接続だけですむので簡単に行うことができる。

メイン制御回路には他に各種情報を表示するための LCD 表示回路と制御用のスイッチが接続される。制御用のスイッチには、電源スイッチ、主軸モータを正回転・逆回転させるスイッチ、緊急停止スイッチなどが配置される。他に 10 キーを接続し通信環境の設定や動作モードの切り替えを行う。

主軸用コンデンサモータの制御回路としてワンチップマイコンの PIC16F877 とリレーを利用した。よって、主軸用コンデンサモータ制御回路は、AC100V の ON/OFF およびコンデンサの極性変更によって主軸の回転方向が変化できるようになっている。今回使用した旋盤の主軸モータには速度を検出するセンサーを取り付けていないので回転数制御は行えないが、今後の改良で主軸用モータの回転数制御ができるようにワンチップマイコンを使用する。

(4) 操作プログラム

1) ワンチップ・マイコン用プログラム

PWM モータ制御回路、主軸モータ制御回路、メイン制御回路にはワンチップマイコン (PIC16F877) を使用し、プログラムは PIC マイコン専用の C 言語コンパイラによって作成しワンチップマイコン用ライターでチップに書き込む。

a. PWM モータ制御プログラム

I2C バスによってシリアルで送信されてきたデータをワンチップマイコンで読み込む。そのデータに応じて PWM 制御のパルス幅を変化させる。PWM はワンチップマイコンに内蔵された CCP 機能を利用し PWM 制御用パルスを作成する。制御用モータに取り付けられたエンコーダの出力は、マイコンに接続されているため、プログラムでこの出力信号をカウントしモータ軸が半回転 (出力軸が 1/120 回転) するごとに新しいデータを読み込むようにプログラムを作成する。

b. 主軸用モータ制御プログラム

主軸用モータの制御プログラムとしては、入力された 2Bit の制御データを使用して主軸用リレーの制御を行う。主軸用モータの制御については、プログラムを使用しなくても可能であるが、今後主軸用モータの回転数制御をプログラムで修正できるよう、プログラムで制御している。

2) 加工データ作成

加工に使用するデータ形式として、標準的な N.C. 言語である G コードを採用している。G コードとは「プリパラトリファンクション (準備機能) の符号として G とそれに続く 2 桁の数字の組み合わせによるコードで表す。制御動作モードを指定するためのコード」¹⁰⁾ である。製作した旋盤で使用する G コードは表4に示す通りである。G コードのプログラム作成については、中学校のコンピュータでも作成できるように操作が簡単で使いやす

表4 対応 G コード

コード	機 能
G 0 0	目標値の設定（早送りで指定値まで移動）
G 0 1	直線補間（指定した値まで直線で切削）
G 0 2	曲線補間（R 形状で切削する（時計回り））
G 0 3	曲線補間（R 形状で切削する（反時計回り））
G 2 8	原点復帰（機械原点へ移動）
G 9 0	絶対値指令
G 9 1	増分値指令
M 0 3	主軸正回転
M 0 4	主軸逆回転
M 0 5	主軸停止

いマイクロソフト社製の表計算ソフト EXCEL でプログラムシートを作成できるようにしている。加工データ作成中の画面を図8に示す。

このようにして作成された加工データはコンマ区切りのCSV形式で出力しデータ転送プログラムを通して旋盤本体に送られ、加工が行われる。

3) データ転送プログラム

作成したデータはデータ転送プログラムで読み込み、旋盤本体へデータの転送を行う。ここで、複雑な計算などを行い、制御データのみを転送することにより必要な加工を行う。データ転送プログラムによって制御軸ごとにモータの移動量を計算し出力する。プログラムの開発には Microsoft 社 Visual Basic Ver.6.0 Enterprise Edition を使用し、Microsoft 社 Visual C++ Ver.6.0 Enterprise Edition によって I/O ポートを操作できるように DLL (Dynamic Link Library) を作成し使用している。ここで作成した DLL を Visual Basic で呼び出すことによって Visual Basic からコンピュータの I/O ポートを操作できるようにした。

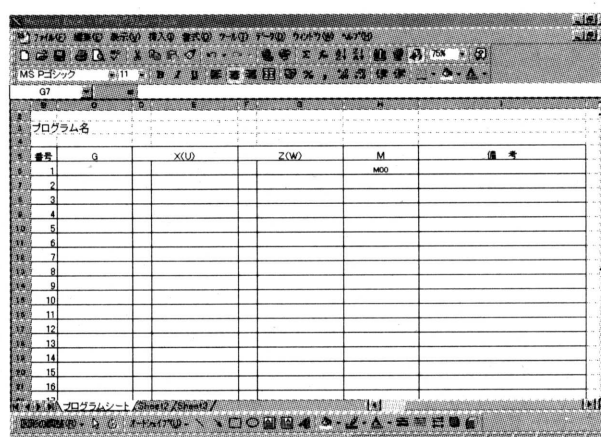


図8 表計算用プログラムシート

a) 単純移動

目標値への移動や機械原点復帰など切削を伴わない移動については1軸ずつ目標値に対して移動を行う。目標値への移動の場合は、入力された材料の大きさと比較して移動した際、空間的に刃物が材料に衝突しないような判定計算を行う。

b) 直線補間

前後左右のどちらか1軸の移動量が0 mm の場合は、必要な1軸の移動により加工を行う。2軸を同時に移動させて切削する際は図9のように切削開始点と切削終了点を結ぶ輪郭から関数を算出して45°補間を行う。ここでは、両軸ともに同じ速さで加工を行うと45°での加工を行うことができ、45°加工と0°（左右）加工、90°（前後）

加工（1軸だけ移動させる）を組み合わせ加工を行う。どの加工を行うかは切削開始点の座標と切削終了点の座標から必要な移動直線の近似式を求める。図9で直線の終点の座標 (U_E, V_E) 移動途中における任意の点の座標を (U_I, V_I) とすると直線の方程式は (1) になる。

$$V_I = \frac{V_E}{U_E} \times U_I \quad (1)$$

(1) 式を (2) 式に変形する。

$$V_E \times U_I - V_I \times U_E = 0 \quad (2)$$

(2) 式の左辺を D に置き換えると、D が加工に必要な制御補正量（制御量）となる。

$$D = V_E \times U_I - V_I \times U_E \quad (3)$$

任意の点の座標 U_I または V_I を1ステップ (+1/120mm) 進めたとき、D の値に対し次に動作させる軸を決定する。例えば U_I を1ステップ、 V_I を1ステップ（このとき、45°で切削されている。）とすると (3) 式は

$$D = V_E \times U_{I+1} - V_{I+1} \times U_E \quad (4)$$

となる。このときの計算結果が $D=0$ の場合、移動途中の点 (U_{I+1}, V_{I+1}) は目標とする直線上にあることになる。また、 $D<0$ のときは直線の上部となり、 $D>0$ のときは直線の下部であることを示している。どちらの軸を動作させるかはこの判別式 D で決定する。 $D=0$ のときは両軸を動かし、45°の角度で切削を行う。順次同様の制御を繰り返していく。

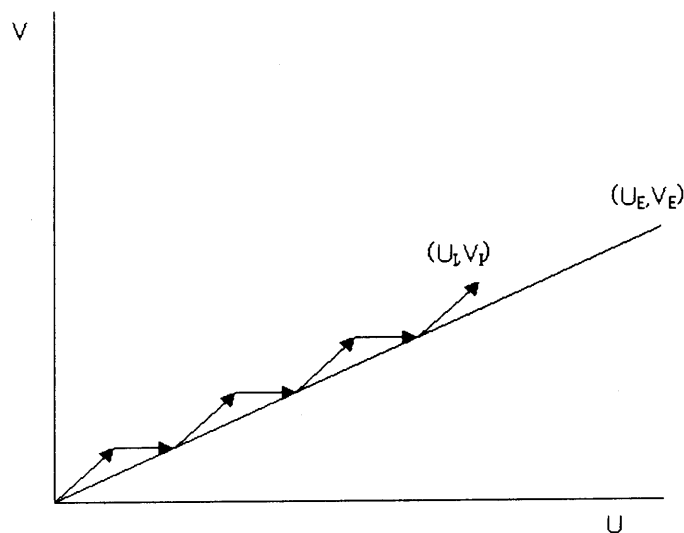


図9 直線補間

c) 曲線補間

曲線補間の場合は0°もしくは90°の移動で図10のように加工を行う。曲線の始点座標と終点座標及び、円弧の半径から求めた円弧の判別式から移動させる軸の方向を決定する。また、円弧の方向（時計回り、反時計回り）は、最初に動作させる軸によって決定する。主軸に対して90°方向の軸を最初に動作させると時計回りになり、0°方向の軸を初めに動作させると反時計回りの円弧加工ができる。円弧の判別式は円弧終点の座標を (U_E, V_E) とし、移動途中の任意の点を (U_I, V_I) とすると、円の方程式は

$$R^2 = U_E^2 + V_E^2 = U_I^2 + V_I^2 \quad (1)$$

で示される。この (1) 式から

$$U_E^2 + V_E^2 - (U_I^2 + V_I^2) = 0 \quad (2)$$

(2) 式の左辺を D に置き換えると

$$D = U_E^2 + V_E^2 - (U_I^2 + V_I^2) \quad (3)$$

となる。D は目的とする曲線からのずれであり、補正量（制御量）になる。移動途中の任意の点の座標 U_I または V_I を 1 ステップまたは -1 ステップ進めたときの値で次に動作させる軸を決定する。例えば、 U_I を 1 ステップ進めると (3) 式は

$$D = U_E^2 + V_E^2 - \{(U_{I+1}) + V_I^2\} \quad (4)$$

となる。このとき、(4) 式の計算結果が $D=0$ となるときは任意の点の座標が円弧上にあることを示している。 $D>0$ の場合は、任意の点が円弧線の内部であり $D<0$ の場合は任意の点が円弧線の外部であることを示す。

軸の動きと D の値の関係は表 5 である。

表 5 出力方向決定

U_I, V_I の位置	判別結果	次に動作させる軸	
		時計回り	反時計回り
円弧上	$D=0$	主軸に対して 90° 方向	主軸に対して 0° 方向
円弧の外部	$D<0$	0° 方向	90° 方向
円弧の内部	$D>0$	90° 方向	0° 方向

以上の計算を行いながら、順次加工を行っていく。

Ⅲ. 本教材の動作結果及び考察

1. 本教材の機能

表 6 に示す本教材の機能は、N.C. 旋盤として金属や木材などの直線補間、曲線補間を用いた加工を行うことができることである。また、目的に合わせて切削用のバイトを交換、研磨することにより溝の加工やねじ切り加工など通常の旋盤と同様の加工が行える。加工データは、表計算ソフト、エクセルによって作成できる。作成したデータは切削シミュレーションを行いデータに間違いがないか確認した後、旋盤本体へデータを転送して加工する。また、一度作成した加工データは保存しておき同じ加工を繰り返し何回も行うことが可能である。加工データの形式が汎用の N.C. 言語のため他の N.C. 旋盤でもこの加工データを使用して加工することが可能である。

中学校で本教材を使用して授業をする場合、バイトの交換などを行うと調整が難しい。つまり表 6 の 3 . 溝加工と 4 . ねじ切り加工及び 5 . 中ぐり加工についてはバイトの交換が必要になり、中学校の授業においては適さない。したがって、直線補間加工と曲線補間加工を使用してゴルフのティーや引き出しのノブなどを製作し作品とする。このような作品は、手動加工によって綺麗な曲線加工仕上げをすることは極めて困難であるが、本教材で加工データを作成することにより簡単に曲線加工仕上げをすることができる。実際にコンピュータ制御を用いた加工を行うことを通して N.C. システムの理解やコンピュータ制御技術の利点、欠点、簡便性などを吟味することができる。

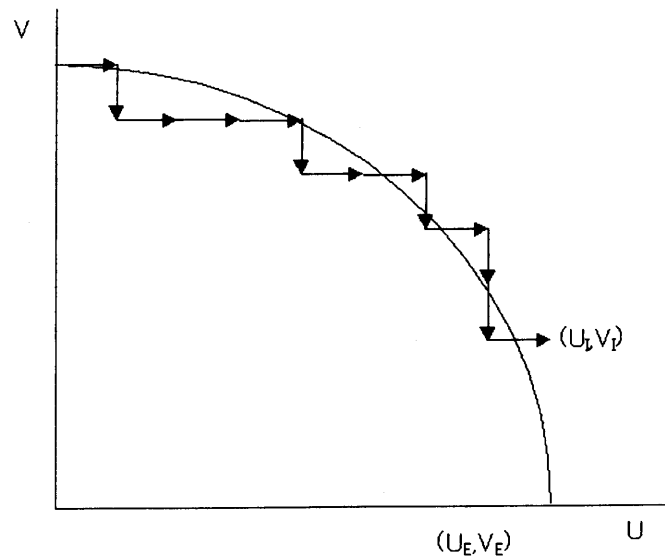


図 10 曲線補間

表 6 機能一覧

	機 能	備 考
1	直線補間加工	
2	曲線補間加工	時計回り, 反時計回り
3	溝加工	バイトの交換が必要
4	ねじ切り加工	バイトの交換が必要
5	中ぐり加工	バイトの交換が必要
5	加工データの保存・読込	
6	切削シミュレーション	
7	汎用 G コード読込	制限あり

2. 本教材を用いた学習指導例

本教材を使用して学習指導を行えるように授業設計を行う。中学生にとっては「旋盤」をはじめて見るものも多い。そのため「旋盤」でどのようなことができるのかということをも取り扱わなければならない。その後、プログラムの作成方法を学習し習熟した後、実際にコンピュータ制御による加工を行っていく。その場合、目的はシステムの理解と正しい利用であるから、インターフェイスの仕組みにはふれないようにし、専門的な制御理論にたちいらないようにする。以下に中学校の技術・家庭科の時間で展開可能な授業設計を示す。

授業設計例

1) 内容

学習指導要領の内容「情報とコンピュータ」の内 (6) のイ「コンピュータを用いて、簡単な計測・制御ができること」を取り上げ、N.C. 旋盤を用いて材料の直線や曲線加工を行うことを内容に定める。

2) 授業の構成

授業には、作業を中心とした授業、意味づけを中心とした授業、対策を中心とした授業、技能の習熟を中心とした授業、技術遂行成果の吟味の授業が考えられる。¹³⁾ 今回、設計を行った内容について授業構成を図 11 に示す。

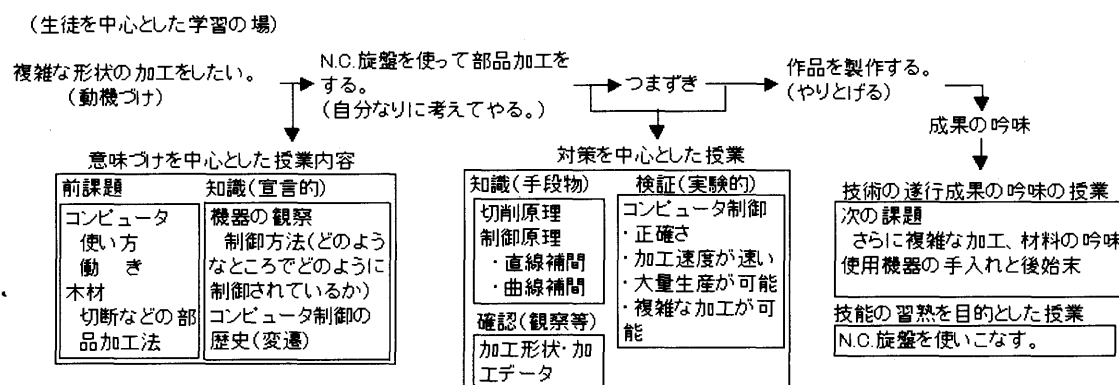


図 11 授業構成

3) 授業時期

3年生後半選択教科の時間に行う。「情報とコンピュータ」の授業時間 60 時間のうち、計測・制御の学習内容として全 20 時間で行う。20 時間のうち表 7 に示すように制御に関する学習内容として 8 時間の授業を行う。

表 7 授業内容

時 間 数	授 業 内 容
1 時間目	コンピュータ制御とは何か？(導入)
2 時間目	N.C. 旋盤を用いた木材の直線補間加工
3 時間目	N.C. 旋盤を用いた木材の曲線補間加工
4 時間目	直線と曲線を組み合わせた加工(木材)
5 時間目	直線と曲線を組み合わせた加工(金属)
6 時間目	自分で考えた部品の設計
7 時間目	自分で設計した部品の加工
8 時間目	コンピュータ制御と産業の発達(まとめ)

4) 学習指導

この授業は、4 時間目である。これまでの授業において旋盤でどのような加工ができるかや加工データの作成方法は学習している。

①到達目標

知識・理解：N.C. 旋盤は正確で速く複雑な加工が簡単にできることを知る。

技 能：パーソナル・コンピュータによって制御される N.C. 旋盤を使って、直線・曲線加工を組み合わせた簡単な部品を製作する。

関心・意欲・態度：N.C. 旋盤を使って加工した時の優れた点を考える。

②今までの既習事項

- ・ Windows (パソコン) を使える。
- ・ 起動・終了ができる。
- ・ ファイルの操作(フォーマットやコピー)ができる。
- ・ 表計算ソフトを使って文字・数値の入力やファイルへの保存をすることができる。
- ・ これまでの学年で木材の切断など部品加工ができる。

(「技術とものづくり」において学習することになっている内容)

③思考の階層(方向目標)

- ・ フィードバック制御・オープンループ制御について知る。
- ・ シーケンス制御について知る。
- ・ 制御の歴史(変遷)について知る。
- ・ 木材の切削原理について知る。

- ・ コンピュータ制御の特性として正確さ・繰り返し加工が行える、加工に要する時間が短いことがある。

④この授業を受けないとできないこと

ナイフやヤスリを使用して製作した作品と N.C. 旋盤で製作した作品を正確さ、加工に要した時間などの点で比較することによって、コンピュータ制御が産業に多く使用される理由を考えられたか。

⑤次の課題

- ・ 同じ加工を繰り返す。

まったく同じ形状で複数個製作する場合、N.C. 旋盤で加工を行った場合、一度入力したデータを読み出すだけで何個でも製作することができる。ナイフやヤスリを使って人の手で製作した場合と比較すればよりコンピュータ制御の利便性について考えることができる。

- ・ 産業において使用される制御技術

この時間で学習し、考えた内容と実際の産業で使用されているコンピュータ制御を比較することによってコンピュータ制御の実態をより明確にする。

3. 今後の課題

本教科では、将来機能上のような機種でもプログラムが動作し、複数のパソコンからデータを転送できるように改良する必要がある。そのためには JAVA 言語でプログラムを作成し、TCP/IP プロトコルを使用した Ethernet のインターフェイスにすることにより、通常のネットワークを介してデータを転送することが可能となる。このように改良すれば実践上の問題として工作機が 1 台しかなくても授業をスムーズに進行させることが可能になり、Windows 以外のコンピュータを使用していても教材の使用が可能になると考えられる。また、本教材を有効に授業で利用するには生徒が様々な加工を何回も行って学習を進めていく必要がある。開発をおこなった N.C. 旋盤では一台のコンピュータにしか接続できないため、生徒一人に対して 1 台の N.C. 旋盤が必要になる。コンピュータとのインターフェイス部分を改良することにより、複数のコンピュータで 1 台の N.C. 旋盤を共有できる。

本教材を実際に使った授業で形態、関心・意欲の向上性に踏み込んだ実践を重ね生きた教材にしていくため、授業実践を踏まえて視覚的に学習しやすく、操作も容易にすることが必要である。教材の機能を向上させるためには、コンピュータ制御についての学習が容易になるようなソフトウェアの開発を行わなければならない。

IV. 結言

これまでに「情報とコンピュータ」の学習指導で困難が予想される制御基礎に関して教材を開発した。本教材は、位置決め用モータを取り付けた旋盤本体とモータ制御回路、パソコンとの通信を行うメイン回路などが収められた制御ボックス、加工データを作成し、データを制御ボックスに転送するコンピュータで構成されている。手作業で加工を行うと難しく時間もかかる複雑な加工でもコンピュータ制御で加工することにより、簡単に素早くしかも多数製作できることから、金属や木材の加工法に関する知識とコンピュータ制御に関する知識を統合することができる。さらに、生徒は実際に加工を行うという体験を通して、コンピュータ制御の利点や欠点、特徴などを学習できるとともに、その技術の功罪を吟味できるようになる。

本教材の使用により、生徒が日常生活の中でコンピュータを正しく理解し利用することが可能となる。さらに、「技術とものづくり」と「情報とコンピュータ」を統合した授業も可能となる。

V. おわりに

これまでに開発した教材の有効性を検証するために、まず本教材を利用して研究授業を行い教材の有効性を実践的に評価して行く。本教材を使用した研究授業を実施しアンケートによる主観的検証やテスト・行動分析による客観的検証を行い教材の有用性を検証する必要がある。アンケートを実施するにあたり教材開発の要素としては、生徒の興味・関心・態度、知識、技能、創造性があげられる。これらの要素を、本教材を使用した学習指導後の生徒の意識を分析することにより、この教材の有効性を測定する。

また、教材については有効な指導方法の検討も必要であると思われる。中学生にとって「旋盤」という教材は

一般的にわかりにくいものだと考えられることから、検討すべき指導方法としては 1) 学習目的, 2) 学習目標, 3) 学習内容 (どのようなものを作らせるか) 4) 学習形態, 5) 評価の方法などを検討しなければならない。

なお、本教材の開発にあたっては、平成 11 年度教育実践総合センター (旧教育実践研究指導センター) の研究推進補助金による補助を受けている。

【参考文献】

- 1) 文部省. 1998. 「中学校学習指導要領」 第8節技術・家庭. 大蔵省印刷局. pp.80-83
- 2) 相良節夫. 1978. 「基礎自動制御」. 森北出版. p.1
- 3) 桐田襄一. 1994. 「技術教育の現状と課題」. 近代文藝社. p.178
- 4) 土岐秀雄. 1983. 「カナ引きコンピュータ・NC (エヌシー) 用語辞典」. ジャパンマシニスト社. p.266
- 5) 「S A K A I 小型機械総合カタログ」. 1998. 酒井特殊カメラ製作所. pp.3-4
- 6) 「DC GEARED MOTOR '98」. 1998. ツカサ電工. pp.25-28
- 7) 「トランジスタ技術 Special No.61」特集モータ制御&メカトロ技術入門. 1997. CQ 出版. pp.66-67
- 8) 「PIC16F8XX シリーズ データシート」. MICROCHIP. 1999. P.1
- 9) 「TOSHIBA TA7291P,TA7291S,TA7291F データシート」. TOSHIBA. 1999. PP.1-11
- 10) 参考文献 4). p.153
- 11) 足立勝重他. 「マイコン制御による簡易 NC フライス盤のつくり方」. 槇書店. 1990. pp.66
- 12) 参考文献 11). pp.71-72
- 13) 参考文献 2). pp.156-158