

# マシニングセンタを用いたものづくり体験学習

黎 子 椰\*・入 川 智 直\*\*・丘 華\*\*\*

(平成21年9月30日受付；平成21年11月6日受理)

## 要 旨

大学・教育機関の地域開放事業の一環として、小中学生を対象とするものづくり教室や機械工作体験スクールなどの取り組みが行われている。小中学生が機械工作体験を通して、ものづくりやものづくり技術への理解・関心が高まると考えられる。しかしながら、小中学生が工作機械やCAD/CAMソフトウェアを使用するには、ほとんどマンツーマンの指導が必要なので、多くの児童・生徒を受け入れることは困難である。そこで、本研究では、小中学生を対象とする簡易型CAD/CAMソフトウェアの開発を行った。また、開発したソフトウェアを用いる「オリジナルキーホルダーを作ろう！」という学習教材を考案し、「附属中学校わくわくウィーク」特別授業に適用した。受講した生徒は、コンピュータによる設計及びコンピュータ制御による機械加工の基本的な知識を理解し、高い関心・興味を示した。

## KEY WORDS

マシニングセンタ Machining Center

ものづくり教室 Manufacturing Class

小学校 Elementary School

中学校 Junior High School

## 1 はじめに

近年の青少年の「科学技術離れ」、「理科離れ」、「ものづくり離れ」などに対応するため、小中学生の早い段階から、大学等の高等教育機関において、子どもたちの科学技術やものづくりへの興味・関心を育み、動機付けとなるような様々な体験活動の機会を提供している<sup>1)</sup>。こうした中、こども達が普段目にする事のないNC (Numerical Control) 工作機械に触れることにより、興味と関心の喚起、学ぶ意欲の向上などの教育的効果が期待できる報告が発表されている。

一方、NC工作機械を使用するには、機械専用のプログラムすなわちNCコードを作成する必要がある。小中学生はNCコードの理解・作成が困難なので、様々な工夫・研究が行われている。筆者らの1人は、キーホルダーづくりの体験学習を試みた。この活動では、キーホルダー (材料) に加工する図柄のサンプルを数種類用意し、それらの図柄加工用NCコードを予め作成する。生徒にサンプルから加工したい図柄を選んでもらう。生徒が、選んだ図柄のNCコードを機械に入力し彫削加工を行う。この方法により、NCコード作成の時間、手間を省くことができたが、生徒が自ら好きな図柄をデザインすることのできない課題があった。また、CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing) という専用ソフトウェアを用いるキーホルダーづくりの公開講座が実施されている<sup>2)</sup>。CAD/CAMソフトウェアを利用すれば、NCコードが自動に生成するため、児童・生徒が自由に図柄をデザインすることができる。しかし、CAD/CAMソフトウェアの使い方は、小中学生にとって難しく、ほとんどマンツーマンの指導が必要である。そのために、多くの児童・生徒を受け入れることは困難である。

そこで、本研究では、小中学生を対象とし、NC工作機械の体験学習をサポートする簡易型CAD/CAMソフトウェアを開発することとした。また、このソフトウェアを利用するキーホルダー作りの学習教材を考案し、教育現場でその学習効果を検証する。以下、本ソフトウェアの仕組み・機能及び検証の結果について報告する。

## 2 NCコード自動生成ソフトウェアの開発

### 2.1 本ソフトウェア開発の方針

本研究では、NC工作機械体験を通して、小中学生のものづくりやものづくり技術への理解・関心を高めることをねらいとし、次のようにソフトウェア作成の方針を立てる。

\*自然・生活教育学系

\*\*上越教育大学 (修士課程)

\*\*\*九州産業大学工学部

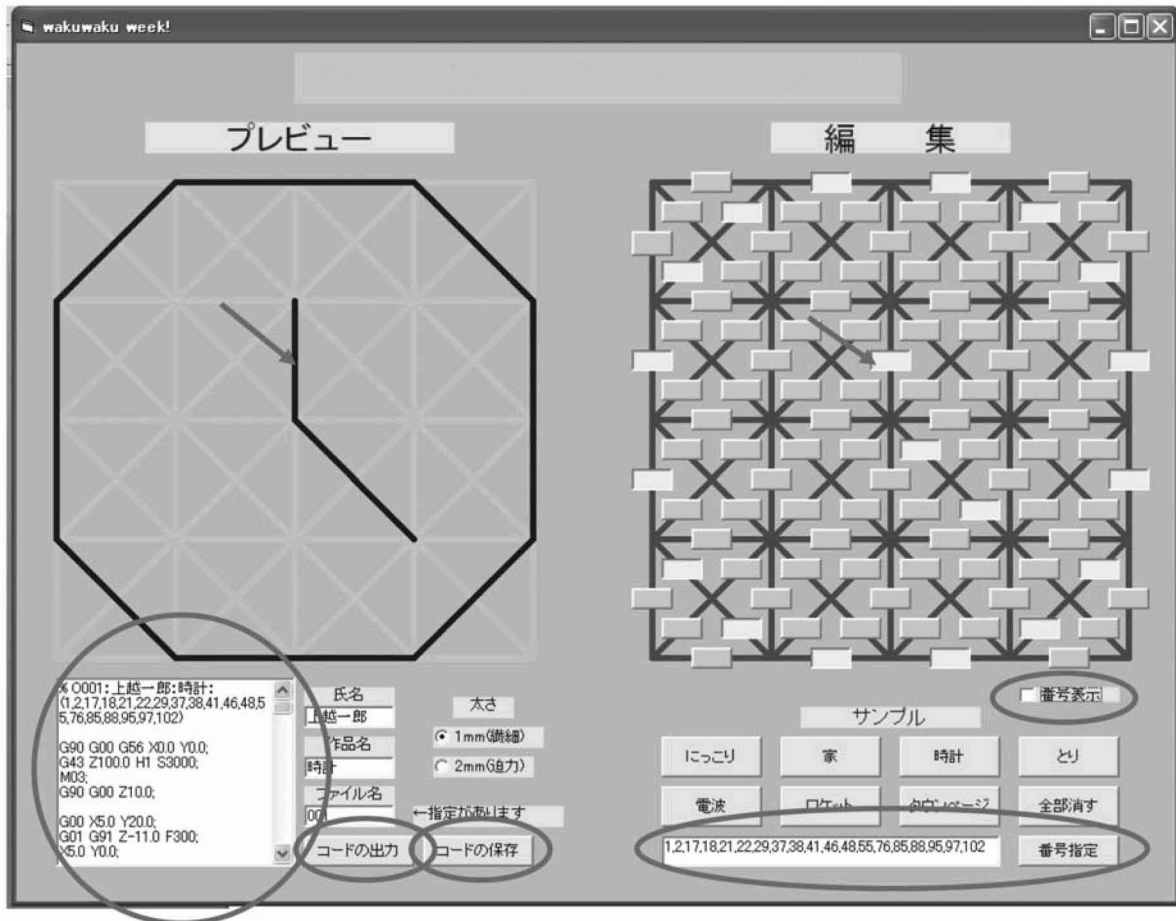


図1 デザイン作業画面の一例（サンプル：時計）

- 1) 本ソフトウェアは、機械加工体験学習をサポートするフリーソフトとして、NC工作機械が設置されている施設、企業、大学などに提供し、小中学生を対象とする公開講座、課外授業、職場体験、ものづくりのイベントなどに利用することを想定する。
- 2) 本ソフトウェアは、平面における図形のデザインと加工用NCコードの作成とし、操作の簡易化と作業時間の短縮を図る。
- 3) デザイン作業は、番号の付いた基本図形と呼ばれる直線を用いて、各々の直線を組み合わせることとする。
- 4) NCコードの作成にあたって、なるべくシンプルな操作方法を取るために、加工に使用するNC工作機械の主軸回転数、切削送り速度、加工の切り込み（彫刻の深さ）などは、指導者より予めソフトウェアに入力することとする。
- 5) 図形のデザインに戸惑う子どものために、サンプル機能を設ける。「家」、「時計」などの図柄のサンプルを提示する。
- 6) 本ソフトウェアはVisual Basic言語をベースにして作成する。

## 2.2 本ソフトウェアの機能と使い方

本ソフトウェアが立ち上がったデザイン作業の画面を図1に示す。画面の右側には、方眼紙のような編集ゾーンがある。編集ゾーンは104本の短い直線で構成され、各々の直線にボタンが付いている。ボタンをクリックすると、押したボタンに対応する直線が左側にあるプレビューに描画される。例えば、図1に示したように編集ゾーンの真ん中にあるボタンが押されたことに対して、プレビューの真ん中の直線（時計の針）が描画されている。押したボタンを再びクリックすると、プレビューに描画されている直線が削除される。描画されている図形を全て削除したい場合、「全部消す」ボタンを使う。「コードの出力」ボタンを押すと、描画されている図形を加工するNCコードが生成され、プレビューの下欄に表示される。「コードの保存」ボタンをクリックすると、生成されたNCコードがテキストファイルの形で保存される。保存されたコードを工作機械のNC装置に読み込ませば、デザインした通り図形の加工

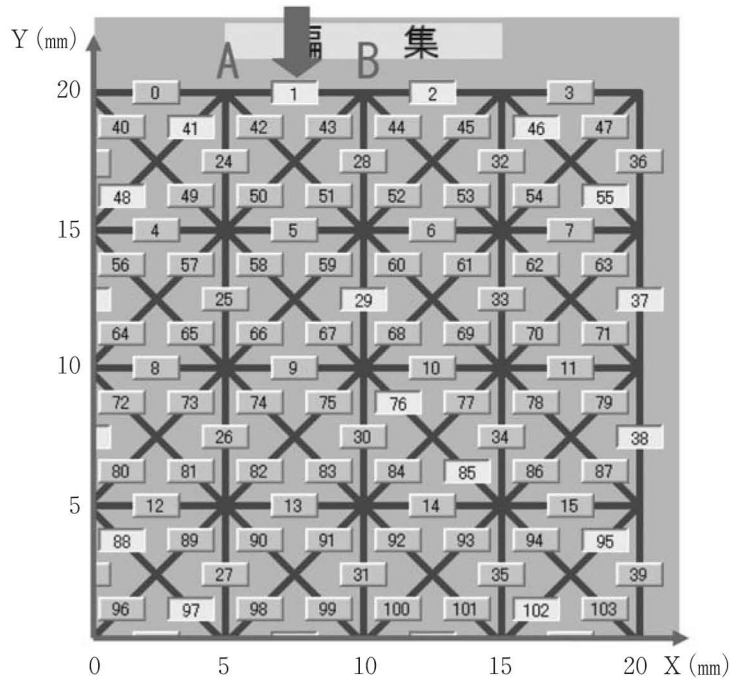


図2 NC工作機械におけるワーク座標系

が行える。また、加工用エンドミルは直径1mmと直径2mmの2種類が用意されている。デザイン作業画面における「太さ」というオプションボタンで、エンドミルの直径を自由に選択できる。

「家」や「時計」などの文字が書かれた7つのボタンが設けられており、それらのボタンを押せば、対応しているサンプルの図形をプレビューで表示される。図1は、サンプルの一例として「時計」の図形が表示されているものである。

また、図形の入力・編集方法として、ボタン入力以外の、もう1つの方法すなわち「番号指定」がある。図1に示したように、編集画面に「番号表示」と「番号指定」の欄が設けられている。「番号表示」をチェックすると、図2に示すように各ボタンの番号が表示される。ボタンの番号を「番号指定」欄に入力すれば、番号に対応する直線がプレビューに描画される。図1の「コード出力」の欄に示したように、NCコードが出力されると同時に押されたボタンの番号すなわち選択された線の番号も出力されている。本ソフトウェアは、図形を保存する機能を持たない。改めて図形を表示・編集する場合、保存されたNCコードのファイルより、各々の直線の番号を読みとり、「番号指定」欄に直線の番号を入力すればよい。

### 2.3 NCコード生成（自動プログラミング）の仕組み

図2に示したように編集ゾーンにおける図形の座標系は、NC工作機械におけるワーク座標系と一致するように設けている。後述するようにキーホルダーの大きさを30×30mmとするため、デザインできる最大の図形の大きさを20×20mmとする。言い方を換えれば、編集ゾーンにおける各々の直線の始点と終点の座標値は、NC工作機械における切削工具の座標値と一致している。このように設定すると、編集ゾーンにおける直線の始点と終点の座標値を利用すれば、直線を加工するNCコードを作成することができる。例えば、図2に示した1番の直線の始点Aと終点Bの座標値は(5.0, 20.0)と(10.0, 20.0)となり、1番の直線を加工するNCコードは次のように書ける<sup>3)</sup>(図1における「コードの出力」欄を参照)。

```
G90 G00 Z10.0;      (切削工具を加工物表面より10mm高くなるまで送る)
G00 X5.0 Y20.0;    (切削工具を1番の直線の始点まで送る)
G01 G91 Z-11.0 F300; (切削工具を加工物表面より1mm低くなるまで送る)
X5.0 Y0.0;         (切削工具を1番の直線の終点まで送る。加工終了)
```

} 1番の直線を加工するNCコード

本ソフトウェアは、予め0番～103番の直線に対応するNCコードを作成し、プレビューに描画されている直線の番

号に基づきNCコードを出力する仕組みになっている。



図3 5軸制御マシニングセンタの外観図

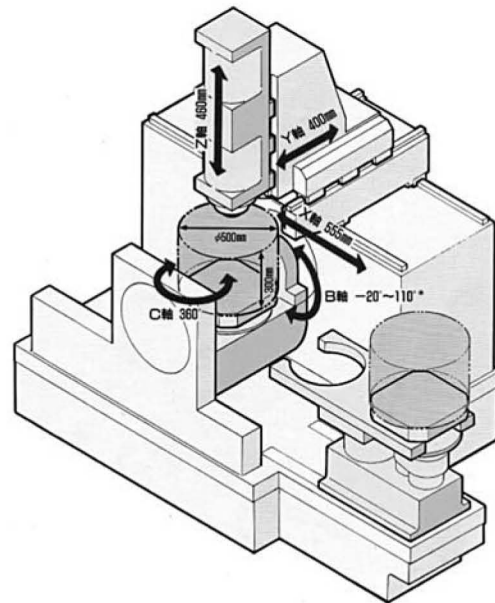


図4 5軸制御マシニングセンタの構成

### 3 キーホルダーづくり体験学習教材

上越教育大学では、平成14年度から、附属中学校と連携し、「附属中学校わくわく大学ウィーク」特別授業を年に1回実施している。本ソフトウェアをこの特別授業に提供することとし、キーホルダーづくりの体験学習を以下のように具体的に考案する。

#### 3.1 使用機械と工具・材料

デザイン作業は上越教育大学情報訓練室におけるパソコンを利用し、生徒が各自で行う。機械加工は図3に示すように上越教育大学における5軸制御マシニングセンタ（森精機㈱製MV-400C）を使用する。一般に自動工具交換装置（ATC）が備えるNC工作機械はマシニングセンタ（Machining Center）と呼ばれる。図4に示すように、このマシニングセンタは直進送りの3軸と回転送りの2軸、自動工具交換装置（ATC）及び自動パレット交換装置（APC）より構成されており、またNCコードの入力にインターネット通信を利用することができる。表1は、この機械の主な仕様を示すものである。用いる切削条件は次の通りである。主軸回転数を3000rpm、切削送り速度を300min、切り込み（彫刻の深さ）1mm、切削工具をフラットエンドミル（ $\phi$  1mm,  $\phi$  2mm）とする。

使用材料は、透明、黄色、緑色、水色の4種類の30×30×5mmアクリル板（カットのみ）である。

アクリル板にストラップを取り付けるための穴あけに卓上ボール盤（㈱トップマンTB131）を使用する。ドリルを $\phi$  3mm、主軸回転数を570rpmとする。

ストラップ作成用ビーズ、ストラップを付ける金具（リング $\phi$  12mm）、研磨・面取り用研磨剤（アクリサンデ㈱）、サンドペーパー（1200番）等は市販品を利用する。

また、学習活動をスムーズに進めるために、デザイン作業、機械加工、穴あけ、面取りなどの手作業工程を説明する学習プリント、キーホルダー実物のサンプル等を用意する。

表1 使用するマシニングセンタ（MV-400C）の主な仕様

ストローク	(mm)	X軸550, Y軸400, Z軸460
回転軸回転角度		B軸 130° (-20°~110°), C軸 360°
最小送り	(mm)(秒)	直進軸 0.001, 回転軸 0.001
早送り速度	(m/min)	X軸, Y軸, Z軸 24
切削送り速度	(m/min)	0~5000
主軸回転数	(rpm)	0~8000

### 3.2 学習内容と方法

学習プリントに基づき機械加工の流れ及び本ソフトウェアの使い方を説明した後、デザイン作業に入る。生徒が自分のアイデアや工夫を生かして、キーホルダーに彫りたい図形をデザインする。さらに作成した図形を加工する用NCコードを作成しフロッピーディスクに保存する。

機械加工においては、生徒が指導を受けながら、自動工具交換、自動パレット交換、NCコードの入力、自動運転などの機械操作を行い、自分の作品を加工する。

手作業では次のような作業工程を含む。

- ①けがき 定規とけがき針を使って、アクリル板にストラップを取り付けるための穴の位置をけがく。
- ②穴あけ 指導員の手伝い・指導を受けながら卓上ボール盤を使ってアクリル板に穴をあける。
- ③面取り やすりやサンドペーパーを使ってアクリル板の面取りを取る。
- ④研磨 カットされたアクリル板の端面に研磨剤を付けて布で磨く。
- ⑤ストラップ作成 ストラップにビーズを飾る。
- ⑥金具取り付け ラジオペンチでリングをアクリル板の穴に付ける。
- ⑦ストラップ取り付け 作成したストラップや金具を⑥のリングに取り付けて、キーホルダーの製作を完成する。

作業時間が限られているため、タイムロスのないように、デザイン作業、機械加工、手作業は3つの場所で並行に行う。生徒がローテーションですべての作業を体験する。7名の院生と学部生はティーチング・アシスタントや誘導係として参加する。各作業場で院生により適時に生徒へ指導やアドバイスを与える。また、各作業工程のポイントを分かりやすく書いたポスターを作成し各作業場に張り付ける。

## 4 実施結果と考察

平成19年7月23日13:30～16:00に「附属中学校わくわく大学ウィーク」の一環として、「オリジナルキーホルダーを作ろう！」特別授業を実施した。17名の生徒が参加した。そのうち、1年生14人(男子)、2年生2人(女子)、3年生1人(男子)である。参加者は全員真剣に取り組んでおり、各自でオリジナルキーホルダーを完成した。図5はデザインやストラップ作成に取り組んでいる生徒の様子である。本活動は「上越よみうり」という新聞より報道され、生徒の喜びの声や機械の作業にのぞみ込む生徒達の姿が掲載されている<sup>4)</sup>(図6参照)。

授業後、アンケート調査を行い、各作業工程についての感想を4段階で(全然楽しくなかった、興味がない(1)～とても楽しかった、興味が深かった(4))を尋ねた。その結果は表2になった。ただし、マシニングセンタをロボットと呼んだ。周知のように、マシニングセンタはシリアル型ロボットとみなすことができる。ほとんどの中学生はマシニングセンタという専門用語を聞いたことがないため、中学生の馴染んだ表現を用いた。

表2 各作業工程についてのアンケート調査の結果(人数)

質問の内容	評 価				平均
	4	3	2	1	
(1)自分のデザインをコンピュータで考えたところ	16	1	0	0	3.94
(2)機械の仕組みや作業の説明	6	10	1	0	3.29
(3)実際に機械(ロボット)が作業しているところ	13	3	1	0	3.70
(4)ビーズでストラップをつくったところ	11	5	1	0	3.59
(5)やすりでアクリルを磨いたところ	14	3	0	0	3.82
(6)ドリルで穴をあけたところ	11	5	1	0	3.59

表2に示したように、6つの作業工程について回答の平均が最も高かったのは、設問(1)自分のデザインをコンピュータで考えることであった。17人中の16人は、とても楽しかった、興味が深かったと答えた。この理由は、生徒達が、アイデア・創造力を発揮してデザインすることができたためと思われる。デザインの場面を見れば分かるように、生徒達は何度も書いたり、消したりする中でアイデアや工夫を生み出した。市販のCAD/CAMソフトウェアの使い方が複雑なので、限られている時間の中で中学生はなかなか思う通り使いこなすことができない。本ソフトウェアは使い方が簡単であり、特に図形の入力・修正が非常に容易であるため、生徒の大切なアイデア、工夫の助けになったと言える。



(a) デザイン作業



(b) ストラップ作成

図5 「オリジナルキーホルダーをつくろう！」特別授業の様子

設問(3)機械が作業していることについて、回答の平均は3.7となり、多くの生徒が機械加工の魅力を感じたと思われる。また「もっとも印象に残ったことを中心に感想を書いて下さい」という記述欄において、機械に関する記述をしている生徒は11人(65%)であった。「機械で正確にほれていて、あまりの速さや緻密さにびっくりした」、「機械を操作するところがとても興味深かった」、「自分が作ったデザインをほっているロボットをみて感動した」などの感想を得た。生徒達が機械の素晴らしさ、面白さに高い関心・興味を示した。

表2から、ほとんどの生徒は各作業工程で楽しく取り組んでいることが分かる。設問(5)アクリルの面取り・研磨は地味な作業にもかかわらず、3.82という高い評価値が得られた。これは、磨けば磨くほど、アクリルのカットされた面の表面荒さが高くなり、達成感が味わえるためと思われる。

「要望や意見などを書いて下さい」という自由記述欄に、多数の生徒が「もっとキーホルダーを作りたいかった」、「もっと機械のことを知りたかった」、「とても楽しかった、もっと作りたかった。」などの要望を書いた。生徒達の学習意欲はかなり高かったことがわかった。

本ソフトウェアを用いることにより、限られている時間(150分)の中で、引率教員を含めて18名の参加者が、コンピュータによる設計及びコンピュータ制御による機械加工を体験することができた。アンケート調査の結果から分かるように、参加した生徒は、ものづくりの喜び、達成感を味わい、ものづくりへの理解・興味が高まった。一方、「なめらかな線(曲線)で絵を書きたかった」、「プログラムに曲線を入れて欲しかった」などの意見も得た。本ソフトウェアの問題点として、円や円弧などの自由曲線からなる図形をデザインすることができないなどが挙げられている。これは今後の課題となった。

附属中学校では、生徒の特別授業への参加は希望制であった。本授業の募集定員8名に対して、志望者は17名となった。本授業を選んだ理由について、7項目を挙げてアンケートで回答を求めた(複数の選択可)。その結果を表3に示す。表3から分かるように、工作機械、技術のことに興味があった、ものづくりが好きだと回答した生徒が半数以上おり、生徒達は機械を動かしてみたい、ものを作りたいという欲望を持っていたことを伺わせた。また、「手作りのキーホルダーがほしかったから」と回答した生徒は約半数いた。アンケート調査の結果から、ものづくり学習の題材として、実用性が高い、思いや工夫が込められる作品は効果的であることが分かった。

上越教育大学(渡邊隆 学長)は同附属中学校 携し23日、大学の研究などを特別授業として体験できる「附属中学校わくわく大学ライブ」を実施。参加生徒はロボットを使ったキーホルダー作り挑戦した。生徒は知的好奇心を高め、意識を高め、今年で4年目となり、参加を希望した生徒約170人を対象に、26日まで10講座

29日まで山中庸子作品展  
感性豊かな童画の世界  
童画やイラストで秀作を賞している作家、山中庸子さんの作品展が29日まで、上越市本町3の直江津ショッピングセンター・エルマル1階で開かれている。会場は独特の楽しく不思議な世界が広がっている。山中さんは、1979年茨城県結城市生まれ。東京農大・中央美術学園卒。美術展入選など、独特の作風は早くから注目を浴び、現在は地元を中心に活動している。

大民踊流し  
「音と光のカニバル」、同7時〜8時45分  
みこしが市内を繰り歩

毎日好奇心を刺激  
上越大附属中 大学の授業を体験  
23日、大学の研究などを特別授業として体験できる「附属中学校わくわく大学ライブ」を実施。参加生徒はロボットを使ったキーホルダー作り挑戦した。生徒は知的好奇心を高め、意識を高め、今年で4年目となり、参加を希望した生徒約170人を対象に、26日まで10講座

かにかに  
大民踊流し  
「音と光のカニバル」、同7時〜8時45分  
みこしが市内を繰り歩

が聞かれる。初日は整子標準教授の指導で、「ロボットを操縦してオリジナルのキーホルダーを作る」をテーマに行われ、生徒約20人が参加した。生徒はパソコン上でハートや似顔絵などのデザインを作成し、「データをロボットに送信し、ロボットはセットされたプラスチックの板の機械についてもっとよく知りたかった」と話した。

ロボットの作業をのぞき込む生徒たち

図6 平成19年7月25日「上越よみうり」新聞より

表3 本授業に志望した理由についての調査結果（複数の選択可）

理 由	回答者数
(1) 手作りのキーホルダーがほしかったから	8
(2) 工作用ロボット(マシニングセンタ)に興味があったから	13
(3) 技術に関することに興味があったから	10
(4) ものをつくるのが好きだから	10
(5) 将来工業関係の職業につきたいから	3
(6) とくに理由はない	0
(7) その他	0

## 5 まとめと今後の課題

本研究では、NC工作機械に触れさせるために、独創的に簡易型CAD/CAMソフトウェアを開発した。本ソフトウェアを利用すれば、小中学でも図形のデザインが容易に行え、NC工作機械加工用NCコードも簡単に作成することができる。開発したソフトウェアを用いてキーホルダー作りの学習教材を考案し、「附属中学校わくわく大学ウィーク」特別授業に適用した。その結果、生徒達は、NC工作機械体験を通して、コンピュータによる設計と、コンピュータ制御による機械加工の基本的な知識を理解し、高い関心・興味を示した。したがって、本ソフトウェアを用いたキーホルダーづくり学習教材は、児童・生徒にもものづくりやものづくり技術に対する関心、興味を抱かせ、さらに基礎的な理解を助ける教材として有効だと言える。

今後、本ソフトウェアの課題として、円や円弧などの曲線を含む図形を自由にデザインするように検討したい。また、加工材料の大きさや切削条件などを指導者より予めソフトウェアに入力する方法を取っているが、ソフトウェアは教育現場で使いやすいために、それらの入力を会話型にする予定である。

最後に、本研究の遂行にあたり、ご協力下さった上越教育大学生生活健康系技術コースの大学院生の内山陽介氏、曲秀葦氏、佐渡由治氏、柴沼一司氏、関原和人氏、長瀬大氏、堀川泉氏、及び学部生の甘利康郎氏に深く感謝致します。

## 注

- 1) 例えば、清水秀己ほか：愛知教育大学「ものづくり教室」の実施と成果、日本産業技術教育学会第50回全国大会(大阪)講演要旨集p152 (2007)、坂井孝弘ほか：中学生対象事業「ものづくりに挑戦！」報告①－要旨・目的－、平成20年度京都大学総合技術研究会報告集第Ⅱ分冊、pp348-349 (2008)
- 2) 函館工業高等専門学校平成20年度公開講座、デザインとものづくりPart1～アクリルキーホルダーの作成～、<http://www.hakodate-ct.ac.jp/~w-syomu/kouzakouza08.html>
- 3) 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：厚生労働省認定教材NC工作機械[2]マシニングセンタ (2006)
- 4) (有)上越情報プレス：毎日好奇心を刺激 上教大附属中 大学の授業を体験、上越よみうり(2007)

## 参考文献

- 祖父江人司ほか：中学生対象事業「ものづくりに挑戦！」報告②－機械を使ったものづくり－、東京大学総合技術研究会、P10-2 (2003)
- 宮本浩之ほか：ガイスラー管の製作を通してのものづくり体験－機械、ガラス加工から真空技術まで－、東京大学総合技術研究会、P10-7 (2003)
- 永井二郎：体験して初めてわかるモノづくりと設計－機械工作体験スクール－、国立オリンピック記念青少年総合センター研究紀要、第3号、pp.199-203 (2003)
- 内田昌宏ほか：NC工作機械加工を題材とするものづくり教育の試み、日本教育工学会第24回全国大会講演論文集pp.643-644 (2008)

# Manufacturing Class Using Machining Center

Ziye LI\* · Tomonao IRIKAWA\*\* · Hua QIU\*\*\*

## ABSTRACT

There is an effort under way among universities and other educational institutions for opening their facilities to elementary and lower secondary school children so that they may experience manufacturing and machining. Their expectation is that holding open classes may give school children an opportunity to touch machine tools, arousing their interest in and developing understanding on manufacturing skills and technology. Having them use machine tools and CAD/CAM systems, however, requires man-to-man instructions, and it is difficult to enroll many participants. To solve this problem, simple CAD/CAM software was developed targeting at elementary and lower secondary school children. This paper describes how the software was used in a manufacturing class for children and was verified for its effectiveness.

---

\* Natural and Living Science    \*\* Joetsu University of Education (Master's Program)

\*\*\* Faculty of Engineering, Kyushu Sangyo University