

〈研究報告〉

生産システムを体験的に学習させる簡易型 NC 教材の開発

渥美勇輝 三重県鈴鹿市立鈴峰中学校

村松浩幸 信州大学教育学部生活科学教育講座

平田 敦 山口県立下関工業高等学校

キーワード：技術・家庭科, 情報技術, 制御教材, NC 教材, 生産システム

1. はじめに

中学校技術・家庭科技術分野（以下、技術科）においては、情報技術に関する学習は重要な柱となっている。こうした情報技術の学習は、1989年の学習指導要領で「F 情報基礎」領域として始まった。1998年には、「B 情報とコンピュータ」として必修化され、技術科の学習内容の半分を占めるに至った。2008年告示の技術科学学習指導要領（以下、2008年版学習指導要領）では、社会の変化に主体的に対応する観点から、現代社会において活用されている多様な技術が「C 生物育成に関する技術」も含めた4つの内容として再編・必修化された¹⁾。そして、「D 情報に関する技術」においては、コンピュータの操作やアプリケーションソフトウェアの操作に関する指導内容の記述がなくなり、デジタル作品の設計・制作、プログラムによる計測・制御が必修化された。この背景には、小学校段階から学校や家庭でコンピュータやインターネットを使用する機会が増え、中学校段階において基本操作習得を必修化する必要性が薄れてきたことが考えられる。また、情報に関する技術を社会と産業という観点で捉えさせることの必要性も考えられる。

「F 情報基礎」が新設された当時から、アプリケーションソフトウェアの操作技能の習得学習やインターネットの導入に伴ったホームページの作成や電子メールの情報交換をもって、情報基礎の内容としている実践が多く見受けられた²⁾。しかし操作技能の習得中心の学習は、技術科の本来的な学習内容とはいえない。2008年版学習指導要領の方向性からも、従来の操作技能重視の学習から、社会や産業も考慮した情報技術の学習に転換していく必要があるといえる。こうした変化に対応し、技術科としての情報技術の学習の方向性を考え、教材の開発や実践の検討を進めることは急務である。

そこで、本研究は、技術科における情報技術の学習のために、生産システムを体験的に学習させる教材開発を目的とする。教材開発のために、まず先行研究を分析し、技術科における情報技術の学習内容、教材の方向性を検討する。そして、検討された方向性に対応する教材を開発することとする。

2. 技術科における情報技術の学習

2.1 社会や産業を考慮した情報技術の学習

社会や産業を考慮した情報技術の学習の内容を検討するために、まず、現代の生産を支えているものづくりの技術と情報技術が結びついた生産システムを検討する。ものづくりの技術は、道具の進化から機械を生み出し、そして、産業革命以降の大規模な工業化の進展へとつながっていった。そして、コンピュータは様々な情報処理を可能にした。コンピュータが工作機械と結びつくことで、プログラムによる自動化が実現され、コンピュータ制御オートメーションと呼ばれる現代の生産システムの基盤技術が形成されている³⁾。現代の生産システムにおいては、CADにより設計されたデジタルデータを用い、工作機械を自動化して生産を行っている。このような情報技術を用いた製品の設計、製作を実践的、体験的に学習できれば、現代の生産システムを支えている情報技術の概要を生徒に理解させることができるのではないかと考えられる。

現代の生産システムを支えている情報技術の概要の学習について、河野らは、中心的に学習すべき内容は、「現代の機械や生産に欠かすことのできないコンピュータによる自動化の技術である」としている⁴⁾。また、田中は、技術科における情報の学習はにおいて、オートメーションの技術を学習することが適切であるとした上で、オートメーションの構成要素として1) 命令プログラムの交換等によって、多種類の自動加工を行うNC(数値制御)工作機械、2) 自動設計のためのCADの出力データが、そのままNC工作機械等の入力データになるようなCAD/CAMシステム(コンピュータ支援設計・生産一貫システム)を挙げている⁵⁾。

以上のことから、技術科における情報技術の学習内容として、ものづくりの技術と情報技術の関係をふまえた現代の生産システムを概観できるように、CADによる設計やNC工作機械による加工を実践的、体験的に行うことが有効であると考えられる。

2.2 情報の学習モデルに基づいた教材の検討

村松らは、前述のような生産システムにおける情報の役割や仕組みを体験的に学習するために、「情報技術とものづくり」、「情報システム」、「知的財産権」の3つの柱立てに沿った「情報」の学習モデルを示している(図1)⁶⁾。

この「情報」の学習モデルでは、ものづくりの「設計→製作→評価」という流れに、「情報システムの活用」が対応していく。「情報システムの活用」は「情報システムの仕組み」と相互的に学習されつつ、発展的に「情報システムの構築」につながっていく。また、「ものづくり」と「情報技術」を連携させると「ものづくりと情報技術」の関係が学習され、社会における生産システムの役割の理解につなげていく。この一連の流れで、実践的に「ものづくり」と「情報システムの活用」について学習できると考え、授業計画例を提示している(図2)。この授業計画例では、低熔点金属またはプラスチックを用いた鋳造による製作を題材として、設計段階においてCADを用いて設計を行い、製作段階では簡易NC教材を制御し、加工の自動化を行うことを提案している。

これらをふまえ、生産システムにおける情報の役割や仕組みを体験的に学習するために、村松らが示す「情報」の学習モデルを参考に教材を開発していくこととする。

2.3 既存のCAD教材の分析

村松らの提案する「情報」の学習モデルと授業計画例を教材化するためには、CADによる設計やNC工作機械による加工を連携させ、体験的に学習することができる制御教具が必要となる。しかし、既存の制御教具の多くは、例えば、山崎教育システム株式会社の「自律制御ロボ」⁷⁾や鈴木教育ソフト株式会社の「キューブカート」⁸⁾等、車型のロボット教材である。そこで、村松らの「情報」の学習モデルと授業計画例を基に、生産システムを体験的に学習させるための簡易型NC教材を開発するにあたり、設計段階で使用するソフトウェア、製作段階で使用する制御対象のハードウェアについて検討をする。

汎用CADソフトウェアの「Jw_CAD」⁹⁾や図形ソフトウェアの「花子」¹⁰⁾は多機能であるため、中学生が短時間で使用することは難しいと考えられる。教育用CADソフトウェアの「翼(つばさ)」¹¹⁾や「創(つくる)2002」¹²⁾は設計対象が紙飛行機、木材加工製品と限定されているため、特定の形状しか描画することができない。また、これらのソフトウェアの価格は1本1000円から9000円程度である。中学校段階の生徒が容易に使用できるように機能を絞り、より安価なCADソフトウェアが望ましい。「立体グリグリ」¹³⁾は、ワイヤーフレームによる立体を描画し、様々な角度から見る事ができる製図学習用ソフトウェアである(図3)。正面図、平面図、右側面図、等角図のボタンを押すと、各図を表示でき、第三角法による正投影図の表示も可能である。描画した立体は、三次元の座標データとして保存される。「立体グリグリ」は、Gigjyutu.com_Softが提供しているフリーソフトウェアであり、機能も絞られ、簡易に立体を描画することができ、学校現場に導入することが容易であると考えられる。

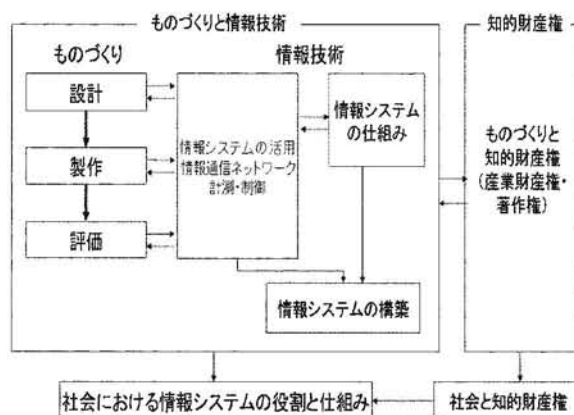


図1 3つの柱立てに沿った「情報」の学習の流れと関係

出典 村松ら：3つの柱立てに沿った中学校技術科での「情報」の学習モデルに対する教員からの評価の分析と授業計画例の提案 第22回日本教育工学会全国大会論文集 p162(2006)

2.4 既存のNC教材の分析

市販のNC教材としては、桜井技術教材会社の「オート・マシーン君」¹⁴⁾や山崎教育システム株式会社の「彫刻プロ」¹⁵⁾等がある。「オート・マシーン君」は、真鍮やアルミニウムを加工することができるミニ旋盤であり、制御には自動化簡易言語「オートマ君」¹⁶⁾を用いる。「彫刻プロ」は付属の3次元デザインのソフトウェアで3次元のテキストやデザインの設計を行い、その設計データと切削加工に必要な条件をコンピュータに入力することで、発泡剤、バルサ、コルクなどの材料を任意の形状に加工するものである。これらは、一定の製作品を加工することができ、高性能であるが、価格が10万円以上と高価であるため、学校現場に簡単に導入することは難しいと考えられる。

市販教材に対し、村尾、大内により材料加工を題材としたX-Y2軸制御のコンピュータ制御教材が提案されている¹⁷⁾。この教材は発泡スチロール加工を目的としている。村尾、

学習例：低融点金属またはプラスチックを用いた鋳造による製作

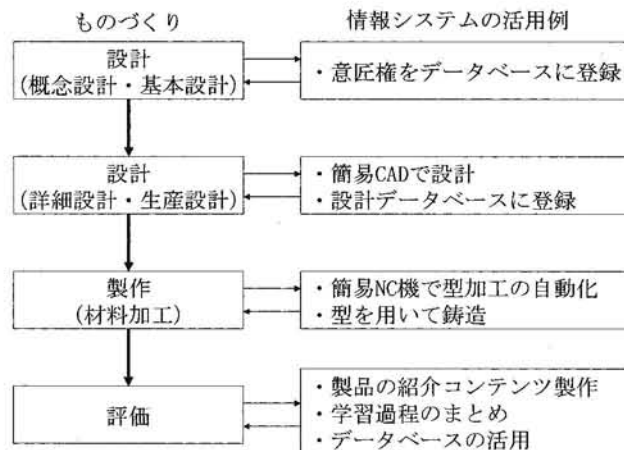


図2 ものづくりと情報技術を連携させた学習の授業計画例

出典 村松ら：3つの柱立てに沿った中学校理科科での「情報」の学習モデルに対する教員からの意識の分析と授業計画例の提案 第22回日本教育工学会全国大会論文集 pp.159-162(2006)

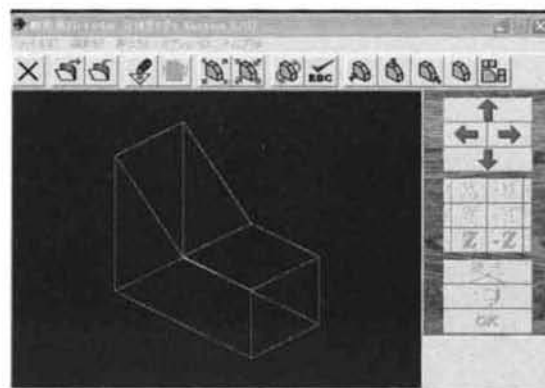


図3 「立体グリグリ」の画面

内はX-Y2軸制御のコンピュータ制御教材の構成として、制御用のPCにNEC製PC-9801を使用し、熱線として直径0.3mm、長さ60mmのニクロム線を用い、約0.5V、0.17Aの交流電力で動作させている。切断溝の幅は0.8mmである。テーブル移動装置には太平洋工業社製のマイコン制御ボール盤のテーブル部分を使用し、切断可能な寸法は100mm×60mm×10mmである。この教材は、構造が比較的簡単であり、安価に製作することができると考えられ、村松らが提案する「情報」の学習モデルと授業計画例における型加工の自動化に適用できると考えられる。

以上の分析により、村松らの「情報」の学習モデルと授業計画例を参考に、生産システムを体験的に学習させるには簡易型NC教材を開発することが適切であると考えた。簡易型NC教材の設計段階に使用するソフトウェアに「立体グリグリ」を活用すること、村尾、大内の提案したX-Y2軸制御のコンピュータ制御教材を参考に、簡易NC教具を開発することが適切であると考えた。

3. 簡易型NC教材の開発

開発する簡易型NC教材は、簡易CADソフトウェア、制御ソフトウェア、簡易NC教具を合わせた構成とした(図4)。まず、簡易CADソフトウェアである「立体グリグリ」を用いて、X,Y軸の2軸において任意の平面を描画する。次に、設計した平面の三次元座標データファイルを読み込み、制御ソフトウェアが制御データに変換し、インターフェイスを通じて簡易NC教具を制御し、硬質発泡材を切断加工する。

村尾、大内のX-Y2軸制御のコンピュータ制御教材を参考に、簡易NC教材は、X,Y,Z軸の移動機構を有し、Z軸に取り付けられた加工部により、硬質発泡材に切断加工を行うものとする(図5)。X,Y軸の移動機構には、送りねじを使用した。また、モータと送りねじをカップリングで接続し、モータの動力を送りねじに伝えた。X,Y軸の移動距離はロータ

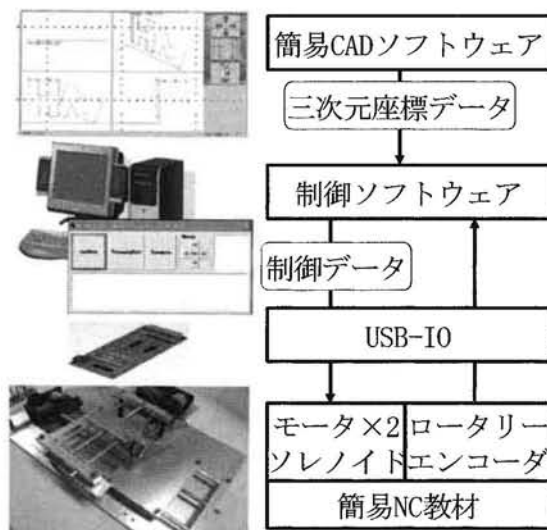


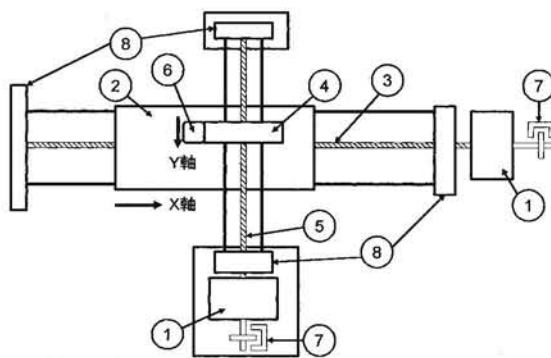
図4 簡易型NC教材の構成図

リエンコーダを用い計測し、X 軸移動機構には、加工する硬質発泡材を設置する台を接続した。Y 軸移動機構には、Z 軸の移動機構と加工部を接続した。Z 軸の移動機構には、上下の移動ができ、電氣的に制御ができるソレノイドを使用した。簡易 NC 教材全体の設計図を図 6 に示す。また、以上を基に開発した簡易 NC 教具を図 7 に示す。

インターフェイスは、モータ（2 個）の制御、ロータリーエンコーダ（2 個）からの信号受け取り、ソレノイドの制御をする必要がある。そこで、テクノキット社製の USB-I/O/V8 を使用した（図 8）¹⁷⁾。このインターフェイスは、安定した信号を取り出すためのインバーター回路と、インジケータ LED を組み合わせ、4 つの入力信号処理と 8 つの LED、出力制御が同時にできる。インターフェイスの M1, 2 ポートでモータ制御、M4 ポートでソレノイドの制御、入力 1, 2 で X, Y 軸のロータリーエンコーダからの信号を入力するようにした。

「立体グリグリ」で生成された三次元座標データを利用するために、「立体グリグリ」のデータを制御データに変換し、制御する制御ソフトウェアを開発した。開発言語は Visual Basic6.0 を使用した。立体グリグリから簡易 NC 教材までのデータの流れを図 9 に示す。

制御ソフトウェアは、「立体グリグリ」で生成された三次元座標データを読み込み、制御デ



①ギヤボックス ②X軸移動台 ③X軸送りねじ
④Y軸移動台 ⑤Y軸送りねじ ⑥ソレノイド
⑦ロータリーエンコーダ ⑧X, Y軸受け台

図5 簡易 NC 教材の模式図

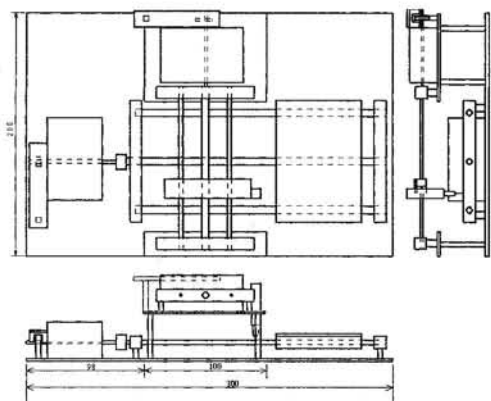


図6 簡易 NC 教材の設計図

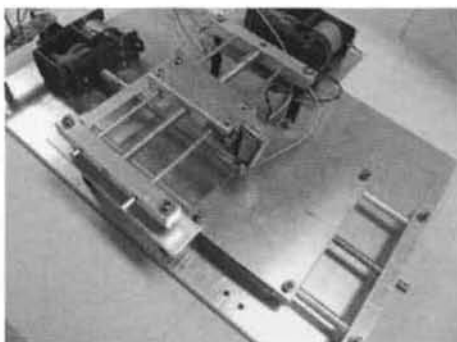


図7 開発した簡易 NC 教材

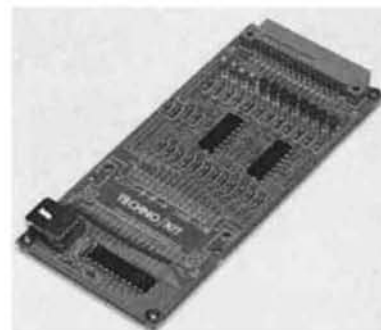


図8 USB-I/O/V8 インターフェイス
出展「テクノキット」<http://www.technokit.biz/>

表1 評価基準の一覧

加工可能な材料の最大厚	切断幅	切断しろ	寸法精度
5mm	0.8mm	0.8mm以内	精度偏り5%以内

ータに変換し、USB インターフェイスを介して簡易 NC 教具を制御する。そして簡易 NC 教具のロータリエンコーダからの入力を計測し、移動距離を制御して加工していく。

4. 評価

4.1 評価基準

開発した簡易 NC 教材が、「情報」の学習モデルの授業計画例の中で必要な加工が可能で、あるかどうかの判断として、市販の NC 教材、NC 教材先行研究を参考にした基準の加工精度について評価をする。加工能力、加工精度の評価は、加工可能な材料の最大厚、切断幅、切断しろ、寸法精度を対象とする。評価の基準は、想定している授業内容から、1) 5mm 厚の硬質発泡材を切断可能であることとする。また、村尾、大内の先行研究から、2) 切断溝の幅は 0.8mm、3) 切断しろは 0.8mm 以内、4) 寸法精度の精度偏りは 5% 以内とする（表 1）。加工可能な材料の最大厚とは、加工対象の硬質発泡材の加工することができる最大の厚さのことである（図 10）。切断幅とは、簡易 NC 教材の加工部が加工する発泡材料を切断するときに見える幅のことである（図 11）。切断しろとは、指定した加工軌跡に対する実際の加工軌跡の精度のことである（図 12）。寸法精度とは、指定した加工軌跡長に対する実際の加工軌跡長の精度のことである（図 13）。それぞれの評価の条件として、加工可能な材料の最大厚の評価方法は、加工する材料の厚さを 1～7mm まで変えて、実際に加工する。その際、加工状況を測定する。切断幅の評価方法は、ニクロム線にかける電源電圧を変化させ、実際の加工を行い、最大切断溝の幅の平均値をとる。切断しろの評価方法は、直線を加工し、切断しろの平均値をとる。加工する直線の長さは、硬質発泡材の寸法を考慮し、X 軸 50mm、Y 軸 70mm、X-Y 軸 100mm とする。寸法精度の評価方法は、実際に加工を行い、指定した加工軌跡長と実際の加工軌跡長の平均値との誤差をとる。指定する加工軌跡長は X 軸、Y 軸、X-Y 軸それぞれに対し

て、10.0mm、30.0mm、50.0mm とする。評価の基準は、授業内容、村尾、大内の先行研究から次のように設定した。想定している授業内容から、1) 5mm 厚の硬質発泡材を加工可能であることとする。また、村尾、大内の先行研究から、2) 切断溝の幅は 0.8mm、3) 切断しろは 0.8mm 以内、4) 寸法精度の精度偏りは 5% 以内とする。

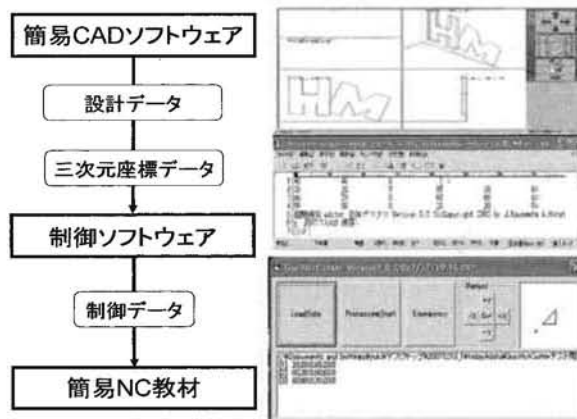


図9 設計から制御までのデータの流れ

表2 最大加工厚の測定結果

材料厚(mm)	1	2	3	4	5	6	7
加工結果	○	○	○	○	○	○	×

表3 切断幅の測定結果

ニクロム線にかける電圧(V)	2.0以下	2.2	2.4	2.6
切断幅(mm)	0.0	0.8	0.9	1.1

表4 切断しろの測定結果

対象	測定値の平均(mm)
X軸	0.12
Y軸	0.18
X-Y軸	0.60

表5 寸法精度の測定結果

指定距離	対象	平均値	誤差偏り
10.0mm	X軸	10.4	0.4
	Y軸	10.3	0.3
	X-Y軸	10.5	0.5
30.0mm	X軸	30.6	0.6
	Y軸	30.5	0.4
	X-Y軸	30.8	0.8
50.0mm	X軸	50.7	0.7
	Y軸	50.7	0.7
	X-Y軸	51.1	1.1

4.2 評価結果

上記の評価指標、評価条件を基に評価を行った。評価結果を表1-4に示す。加工可能な材料の最大厚の測定結果から、材料厚が1mmから6mmまでは加工できたが、7mmは加工できなかった。切断幅の測定結果から電圧値が1.2Vから2.0Vの間では、切断することができなかったが、2.2Vから切断できるようになった。また、2.4Vから3.0Vのときは0.8mm以上の切断幅となることが確認でき、切断しろの測定結果より、X軸、Y軸、X-Y軸において評価基準を達成したことが確認できた。寸法精度は、X軸、Y軸、X-Y軸について、指定移動距離と平均値の誤差が、それぞれの精度偏りの5%以内の評価基準を満たしたことが確認できた。

以上の評価結果より、加工可能な材料厚、切断幅、切断しろ、寸法精度は評価基準の達成を確認できた。よって、開発した簡易NC教材の加工能力、加工精度は、「情報」の学習モデルの授業計画例の中で必要な加工能力、加工精度の基準を満たしていると考えられる。

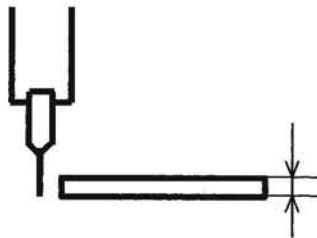


図10 加工可能な材料の最大厚の定義

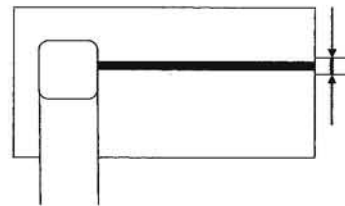


図11 切断溝の幅の定義

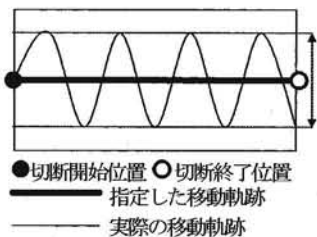


図12 切断しろの定義

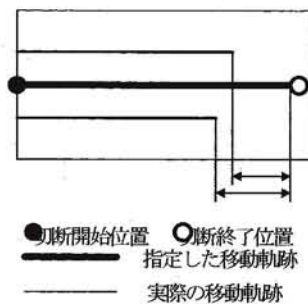


図13 寸法精度の定義

5. おわりに

本研究は、技術科における情報技術の学習のために、生産システムを体験的に学習させる教材開発を目的とした。先行研究の検討をふまえ、低融点金属またはプラスチックを用いた鋳造による製作を題材として、設計段階においてCADを用いて設計を行い、製作段階では簡易NC教具で型加工を自動化する学習を考えた。そして、この方向性に対応して、制御ソフトウェアと簡易NC教具で構成される簡易型NC教材を開発した。制作品の設計には、製図学習用ソフトウェアである「立体グリグリ」を用いた。開発した簡易型NC教材を評価した結果、先行研究の評価基準を満たしている加工精度を出せることが確認できた。今後は、開発した簡易型NC教材を实践で使い、評価・改良していく予定である。

参考文献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭科編，教育図書(2008)
- 2) 河野義顕・大谷良光・田中喜美編著：技術科の授業を創る，学友社，pp. 186-189 (2001)
- 3) 村松浩幸・大谷良光・川俣純・坂口謙一・砂岡憲史編著：ITの授業革命「情報とコンピュータ」，pp. 10-11 (2000)
- 4) 河野義顕・大谷良光・田中喜美：前掲書，pp. 186-189
- 5) 田中喜美：中学校技術科におけるコンピュータ学習の教育的価値。技術教育研究 41 巻，pp. 22-31 (1993)
- 6) 村松浩幸，松岡守，堀田 龍也，竹野英敏，長谷川元洋，中西康雅，森山潤，丸山剛史，稲垣忠，木下龍：3つの柱立てに沿った中学校技術科での『情報』の学習モデルに対する教員からの評価の分析と授業計画例の提案，第22回日本教育工学会全国大会論文集，pp. 159-162 (2006)
- 7) 山崎教育システム株式会社：2007年度教材カタログ，p183 (2007)
- 8) キューブカート2：鈴木教育ソフト株式会社，<http://www.suzukisoft.co.jp/products/cubekart2/> (最終アクセス 2009年2月14日)
- 9) Jiro Shimizu & Yoshifumi Tanaka：Jw_cad，<http://www.jwcad.net/> (最終アクセス 2009年2月14日)
- 10) JUST. SYSTEMS：花子，<http://www.ichitaro.com/hanako/> (最終アクセス 2009年2月14日)
- 11) 山崎教育システム株式会社：前掲書，pp. 205-206
- 12) 山崎教育システム株式会社：前掲書，pp. 201-202
- 13) 平田敦・川俣純：立体グリグリ，<http://www.gijyutu.com/g-soft/guriguri/> (最終アクセス 2009年2月14日)
- 14) SGK 桜井技術教材社，<http://www5a.biglobe.ne.jp/~sgk/> (最終アクセス 2009年2月14日)
- 15) 山崎教育システム株式会社：前掲書，pp. 177-178
- 16) 村松浩幸，川俣 純，砂岡 憲史，柘植 一也：オートマ君，<http://www.gijyutu.com/g-soft/automa/index.htm> (最終アクセス 2009年2月14日)
- 17) 村尾卓爾・大内信顕：材料加工を題材としたコンピュータ制御教材の開発，日本産業技術教育学会誌第36巻，第3号，pp. 215-221 (1994)
- 18) テクノキット，<http://www.technokit.biz/> (最終アクセス 2009年2月14日)

(2009年3月3日 受付)

(2009年4月7日 受理)