

# コンピュータによる自動化概念の学習指導法の開発<sup>†</sup>

有川誠\*・近藤昌也\*\*

福岡教育大学教育学部技術教育講座\*

石川県津幡町立津幡中学校\*\*

本研究では、中学生のコンピュータによる自動化概念の形成を意図する学習指導法の開発を行った。開発した学習指導法は、教師が行う「1)手動による旋盤を用いた加工」と「2)コンピュータ制御による旋盤を用いた加工」の観察から構成され、観察後、生徒に両者の違いで気づいた点を発表させるものである。この学習指導法を含む授業を、実際に中学生に対して実践した。なお、授業実践の前と後に中学生の自動化概念を調べる調査を行った。これらの調査は、旋盤とは別の、コンピュータで自動制御される機器の仕組みを問うものである。これらの調査結果の比較から学習指導法の有効性について検証を行った。その結果、授業後の生徒に自動化概念の高まりによる学習成果が見られた。このことから、本研究で開発した学習指導法が中学生のコンピュータによる自動化概念の形成に有効に作用することが確かめられた。

キーワード：コンピュータ、旋盤、自動化概念、学習指導法、授業実践

## 1. 緒言

中学校「技術・家庭科(技術分野)」(以下、「技術科」と表記)は、1998年版学習指導要領で、「A技術とものづくり」、「B情報とコンピュータ」の2つの内容から構成されることになった。このうち、「B情報とコンピュータ」は6つの内容(4つの「必修」と2つの「選択」)から構成されており、この「選択」内容の一つに「プログラムと計測・制御」の指導が挙げられている(文部省 1998)。

前述のように、この「プログラムと計測・制御」は「選択」内容であり、「生徒の興味・関心等に応じて選択的に履修させる(文部省 1998)」とされているが、技術教育の視点から検討すると、極めて重要な内容と考えられる。村松(2000)は、ものづくりの技術と情

報技術の関わりについて、「ものづくりの技術と情報技術が結びつくことによって、コンピュータ制御オートメーションとよばれる生産システムの基盤技術を形成している」ことを指摘している。また、川俣(1999)は、技術科でなければどうしても教えることのできない内容として「コンピュータによる機器制御の技術」が存在すること、更には我々の身の回りの製品の多くが「コンピュータによって自動化された生産システムによって生み出されている」ことを指摘している。すなわち、コンピュータによる制御を取り扱う「B情報とコンピュータ」の「プログラムと計測・制御」は、今日の生産技術と極めて深く関わっており、情報技術に関する技術科の内容として欠かせないものであるといえる。

技術科におけるコンピュータ制御の学習指導に関する先行研究として、宮倉ら(1990)は、「制御モデルを用いた情報基礎教材の開発」及び授業実践を行っている。この授業実践で宮倉らは、生徒にエレベータモデルをマニュアル制御及びコンピュータ制御で操作させ、その違いについて「比較」する授業を展開しており、これによりコンピュータ制御についての生徒の認識が高められたことを報告している。ただ、宮倉らの研究では、「比較」場面での教材の取り扱いや授業の展開が具体的に示されていない。更に、授業成果の検証方法についても、「感想」を分析する方法が用いられている

2007年2月14日受理

<sup>†</sup> Makoto ARIKAWA\* and Masaya KONDO\*\* : Development of a Learning Method for the Concepts of Automatism on Computer

\* Course of Technology Education, Faculty of Education, Fukuoka University of Education, Akama Bunkyo-machi, 1-1, Munakata, Fukuoka, 811-4192 Japan

\*\* Tsubata Junior High School, Aza-Kagatsume-Nu 6-1, Kahoku-Gun, Tsubata, Ishikawa, 929-0325 Japan

が、その分析基準が示されておらず、回答を情意面（興味・関心）と認知面（理解）に分ける手だても取られていない。

以上の点をふまえ、本研究では、コンピュータによる中学生の制御概念、具体的には自動化概念の形成を意図した学習指導法を開発し、実際に授業実践を行い、その有効性等について検証を行った。

なお本授業実践では、コンピュータ制御する対象（教材）として、実際の加工・生産に用いられる「旋盤」を選択した。すなわち、実際の生産場面で活用されている工作機械を教材とすることで、先に述べた「プログラムと計測・制御」が生産技術と深く関わっていることを実感させられると考えた。このような、実際の工作機械を教材とした制御・自動化概念の形成に関する先行研究は見あたらない。

## 2. 「制御」「自動化」の捉え方と目標とする自動化概念

中学生の自動化概念の形成を意図した学習指導法の開発・検証を行う前提として、まず本研究で「制御」及び「自動化」をどう捉えるかを明らかにしておく必要がある。これらの関連及び捉え方を図1に示した。

図に示すように、「制御」はある目的に適合するように人間が自らの各部の機能を用いて操作を行う「手動制御」と、機械・機器等の技術システムを用いて操作を自動的に行わせる「自動制御」に分けられる。更に自動制御は、目的（目標値）に対するズレを検出し、操作を修正して目的に適合させる「フィードバック制御」と、予め決められた手順・時間に沿って操作が行われる「シーケンス制御」に分けられる。これらの自動制御が、前述のような技術システムによって現実化される事象を本研究では「自動化」と捉えている。すなわち「制御」を手動制御、自動制御及び「自動化」を含む広義の概念とし、「自動化」とは区別している。

本研究では目標とする「自動化概念」として、以下の事項を形成させるべき概念と考えている。

- 自動化には技術システム（コンピュータ等）が関与している
- 自動化では「人間による制御」が「技術システムによる制御」に移行し、作業の柔軟性が高まる

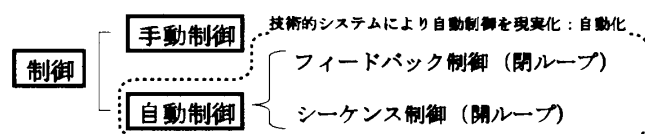


図1 本研究での「制御」の捉え方

すなわちコンピュータ、特にソフトウェアにより作業の順序・条件・位置等の設定変更が容易になり、作業の柔軟性・汎用性が高まることである。

## 3. 中学生の制御概念の実態調査

本研究では、まず中学生が工具や機器の操作場面・使用場面で制御をどのように捉えているのか、その概念の実態を明らかにするための調査を行った。

### 3.1. 調査の被験者

被験者は、福岡県内国立大学法人附属中学校の3年生、男女114名（A・B・Cの3クラス）である。これらの被験者は、技術科の「B情報とコンピュータ」でBASICによるプログラミングの学習は行っているが、コンピュータ制御に関わる学習は行っていない。

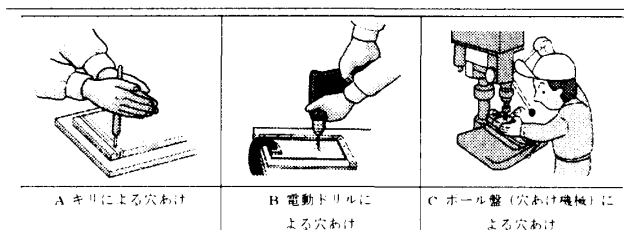
### 3.2. 実態調査の内容と方法

実態調査の内容を図2に示す。調査は問1が手動制御、問2が自動制御（自動化）に関する問いである。

まず問1では、「穴あけ作業」に関する発問を行った。ここでは、「A 錐を用いる場合」「B 電動ドリルを用いる場合」「C 卓上ボール盤を用いる場合」の3通りの作業を示し、A→B→Cの順で技術が高まるにつれ、「人間にとって『穴をあける』作業が楽で便利になってくる理由」を問うものである。穴あけ作業には、

- ①工具（ドリル）を回転させる動力を供給する
- ②工具（ドリル）に垂直な力を加え、穴の深さを調節する
- ③工具（ドリル）の進行方向を一定（垂直）に保つ
- ④材料を固定する

といった操作・機能が含まれており、錐→電動ドリル



問1：上の図は、全て「穴をあける」という同じ作業を示しています。A→B→Cの順に、人間にとって「穴をあける」作業が楽で便利になっています。どのような点で楽で便利になっているかを具体的に説明して下さい。

問2：全自動洗濯機は内部にモーターがあり、スイッチを入れると洗濯、すすぎ、脱水を自動的に行ってくれます。この自動的な作業を行うために、どんな装置が全自動洗濯機に入っていると思いますか。

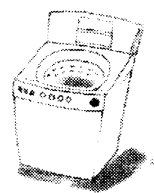


図2 実態調査

→卓上ボール盤の順に、人間の担うべき操作が、動力源（モータ）、及び機構に置き換えられ、制御量が減り「楽で便利」になっていく。なお「制御量」という言葉には、制御が求められる操作の「種類」と「労力」の両側面があるが、ここでは「種類」を念頭においている。

すなわち問1では、A・B・Cの制御量の違いを被験者が具体的に説明できるか否かで、中学生の制御概念の一側面を明らかにすることを意図している。

次に問2では、「全自動洗濯機」がどのような仕組みで「全自動」となり得るかを問う発問を行った。ここでは、全自動洗濯機が行う「給水→洗濯→脱水→給水→濯ぎ→脱水」等の一連の作業・操作が、コンピュータによるシーケンス制御でまさに自動化されていることを被験者が知って（気づいて）いるかを調べることを意図している。なおこの問いは、後述する学習指導法の授業実践場面中被験者に回答を求める「事後調査」と全く同じ内容であり、これと比較して学習指導法の有効性等を検証するための「事前調査」の役割も担っている。

### 3.3. 実態調査の結果と考察

まず、実態調査・問1の結果を表1に示した。ここでは被験者の回答を、前に述べた穴あけ作業に含まれる①～④の「機能の向上」に関する項目と、加工の正確さ・作業時間の短縮等「成果の向上」に関する項目とに分けて示し、それをふまえて「作業全体での人間の操作量が減少」することを指摘できたかを示した。

表1を見ると、「機能の向上」について最も多く指摘されている項目は「労力の減少」、すなわち「工具（ドリル）の回転動力を人間が供給しなくて済むので楽になる」といった指摘で、回答率は81.6%に達している。なお、「機能の向上」に類するそれ以外の指摘は、「穴の深さの調節のし易さ」が7.9%、「工具・加工材料の固定のし易さ」が20.2%と、いずれも低い回答率に留まっている。

一方、「成果の向上」に関する項目としては、「加工の正確さ・仕上りの美しさ」が37.7%、「作業時間の

短縮」が32.5%の回答率でいずれも高いとはいえない。なお、「作業全体での人間の操作量の減少」、すなわち人間が手動で担う色々な制御量が減ることで「楽で便利」になっていることを指摘した被験者は28.9%と3割程度の回答率であった。

これらの結果から、中学生は、錐→電動ドリル→ボール盤の順に「楽で便利」になる理由を、単純に「動力源（モータ）の導入による労力の減少」と捉える傾向が強く、手動で行っていた色々な制御量が減少したことに考えが至っている生徒は少ないといえる。

次に実態調査・問2の結果を、クラス別と3クラスを集計したものに分けて図3に示した。なお、クラス別のデータは、後述する事後調査との比較で使用するもので、ここでは考察を行わない。

図3では、被験者の回答を、

○レベル3：全自動洗濯機を制御するハードウェア（マイクロコンピュータ・IC等）とソフトウェア（プログラム）が組み込まれていることを指摘している

○レベル2：ハードウェア・ソフトウェアのいずれかの組み込みを指摘している

○レベル1：ハードウェア・ソフトウェアとも組み込みが指摘されていない

の3段階の基準で評価して分類した。ここで、ハードウェアを指すと判断した具体的な回答（用語）は「コンピュータ（マイコン）」「IC」「回路（基板）」「命令（指令）通りに動く装置」であり、ソフトウェアを指すと判断した回答は「プログラム」「命令（文）」である。

図3の3クラスを集計したグラフから、レベル3の被験者は4名（3.5%）、レベル2の被験者は19名（16.7%）であった。なおレベル2の回答者19名の内訳は、11名がハードウェア、7名がソフトウェアであった。

表1 実態調査・問1の結果

回 答 項 目		回答数	回答率 (%)
機能の向上	労力の減少①	93	81.6
	穴の深さの調節のし易さ②	9	7.9
	工具・加工材料の固定のし易さ③④	23	20.2
成果の向上	加工の正確さ・仕上りの美しさ	43	37.7
	作業時間の短縮	37	32.5
	作業全体での人間の操作量の減少	33	28.9

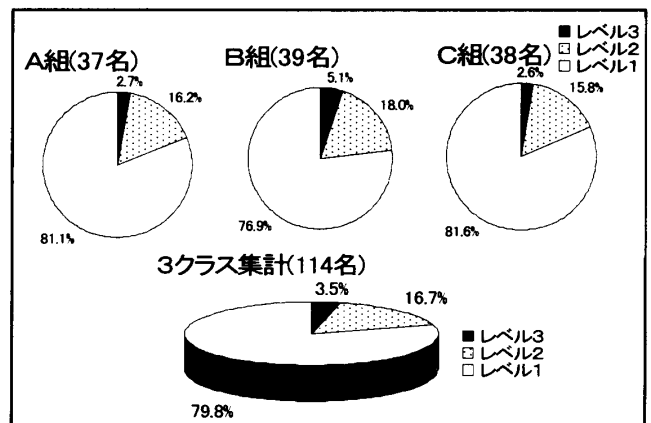


図3 実態調査・問2の結果

すなわち、コンピュータ・ソフトウェアの関わりを指摘できた被験者はレベル2と3を合わせて11名(9.6%)であり、全体の1割程度に留まっていた。このことから、生徒にとって身近な電気機器であろう全自動洗濯機について、その自動化をコンピュータ、特にソフトウェアが担っていることを知って(気づいて)いる生徒は少数であることが明らかになった。

#### 4. コンピュータによる自動化概念の学習指導法

前節の中学生に対する制御概念の実態調査から、生徒の傾向として、技術の高まりによる人間の制御量の減少を単純に「労力の減少」と考え、制御を幅広く捉えることができない状況、更に、今日多く用いられている「全自動」機器の自動化にコンピュータが関わっていることを予測できない状況が明らかになった。

このような生徒の状況をふまえ、ここでは、上記のコンピュータによる自動化に関わる中学生の概念を学習指導する方法を開発する。開発する学習指導法は、直接的にはコンピュータによる自動化概念の形成を意図したものであるが、これには、技術の高まりと人間に求められる制御のレベルを複数の段階で比較せざるを得ないと考えられるため、コンピュータを用いない人間による手動も含んだ内容となっている。

この学習指導法で設定した、制御レベルの異なる段階は次の2つである。

1) 手動による旋盤を用いた真鍮棒加工

2) コンピュータ制御による旋盤を用いた真鍮棒加工

まず1)の段階では、コンピュータによる自動制御が可能な「制御用ミニ旋盤」(商品名：オートマシーン君：図4)を用い、これを教師が手動で操作して真鍮棒を加工する。なお、この際の加工図面を図5に示す。

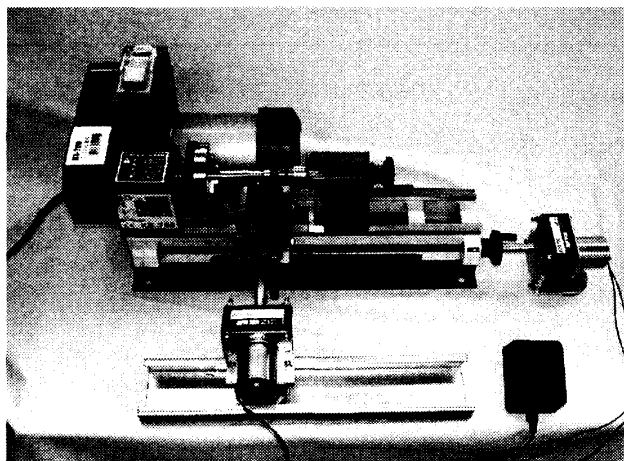


図4 制御用ミニ旋盤

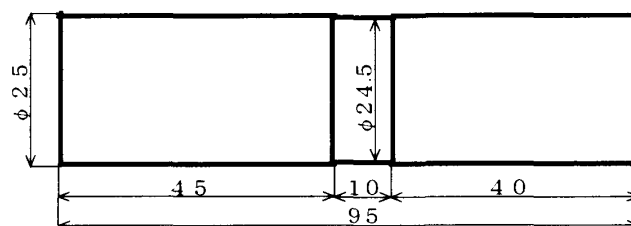


図5 真鍮棒 加工図面

次に2)の段階では、パーソナルコンピュータ用の制御学習用フリーソフトウェア、自動化簡易言語「オートマ君：g-soft (2003)」を用い、前述の制御用ミニ旋盤を制御して、自動で手動と同様の真鍮棒の加工を行う。ここではオートマ君からの信号が、実際に機器を作動させる「出力ボード」に送られ、ここから送られる制御された電気エネルギーが制御用ミニ旋盤の2つのモータ(「横送り」用と「工具送り」用)を動かすことになる。なお、バイトを主軸と直角方向へ送る「横送り」に「出力1：軸中心方向」と「出力2：軸周辺方向」を、バイトを主軸と平行な方向に送る「工具送り」に「出力3：左(チャック)方向」と「出力4：右(心押し台)方向」を使用する。これらの出力と旋盤のバイトの動く方向との関係を図6に示した。

この真鍮棒の加工を行うオートマ君のプログラムを表2に示した。なおオートマ君では、プログラムを走らせると、コンピュータのモニター上で今どの部分(行)を実行中であるかを確認することができる。

学習指導法は、以下の教授活動・内容で構成される。

- 1) 旋盤の働きと構造についての簡単な説明を行った後、材料(真鍮棒)と加工図面を提示する。
- 2) 教師が旋盤を手動で操作し、真鍮棒の加工を行う。この作業の様子を生徒に観察させ、気づいたことをプリントへ記入するよう指示する。
- 3) 旋盤とコンピュータを入力ボードを介して接続し、真鍮棒の加工を行う。この作業の様子を生徒

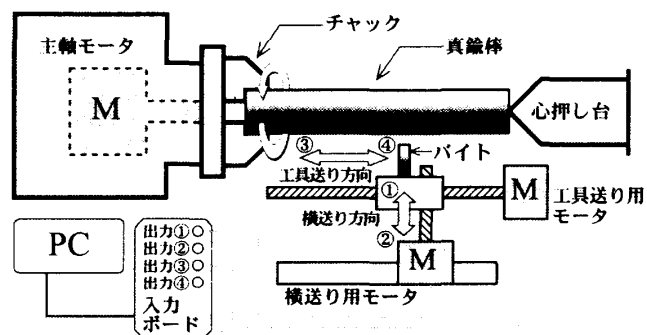


図6 出力ボードとバイトの動く方向との関係

日本教育工学会論文誌 (Jpn. J. Educ. Technol.)

表2 真鍮棒加工のプログラム

1 出力 1 ON	9 出力 2 OFF
2 時間 1 秒	10 出力 3 ON
3 出力 1 OFF	11 時間 65.5 秒
4 出力 4 ON	12 出力 3 OFF
5 時間 65.5 秒	13 カンタ 2 回 飛べ 1 行へ
6 出力 4 OFF	14 出力 2 ON
7 出力 2 ON	15 時間 2 秒
8 時間 0.5 秒	16 出力 2 OFF

に観察させ、気づいたことをプリントに記入させる。なお観察を行わせる際、プログラム（の行）と作業が連動していることを説明し、モニター上のプログラムと旋盤の動作を合わせて確認するよう指示する。

- 4) 「旋盤を手動で操作する場合と、旋盤をコンピュータで制御する場合の違い」について、気づいたことをプリントに記入するよう指示する。
- 5) 生徒に気づいたことを発表するよう指示し、発表された事項を板書する。なお、板書された事項をプリントにまとめるよう指示する。

すなわち開発した学習指導法は、両者の比較検討から、手動による操作がコンピュータ制御で行われることにより、人間の操作する量（制御量）が減るとともに、手順が自動化され、更にプログラムにより作業が柔軟化されることを強く意識させることを意図したものである。特に、観察させる作業をシミュレーションではなく実際の「旋盤を用いた加工」として、制御レベルの変化を感覚的に捉えられるよう配慮した。

## 5. 授業実践による学習指導法の検証

前節の「コンピュータによる自動化概念の学習指導法」を含む以下のような授業実践を行い、その過程で行う事後調査から学習指導法の有効性等について検証を行った。

授業実践の対象は、第3節の実態調査被験者と同じ福岡県内国立大学法人附属中学校の3年生、男女114名（A・B・Cの3クラス）で、授業はクラス単位で行った。なお、実態調査と授業実践（事後調査）には約3ヶ月の間隔があったが、この間生徒はコンピュータ制御に関する指導等は受けていない。

授業実践は2単位時間（50分×2）で構成した。1時間目は、対象となる生徒にとってこれがコンピュータ制御に関する初めての授業であるため、まず教材とした自動化簡易言語「オートマ君」の働きについて指導した。ここでは、オートマ君の命令文を説明した後、

モニター上での簡単なプログラムの作成・実行の演習を行わせた。次に、「出力ボード」を介して2モータの「模型三輪車」と接続させ、これを模造紙に描いた模擬道路に沿って動かすプログラムの作成・実行の演習を行わせた。

2時間目は「コンピュータによる自動化概念の学習指導法」を主体として構成した。指導の過程を、学習指導案の「学習活動・内容」として表3に示した。この表では、点線囲みが学習指導法による指導、反転部が事後調査を行う部分となる。すなわち、学習指導法を終えた直後に事後調査を行い、その後に本時のまとめを行うようにした。

事後調査では、図2の実態調査「問2」と全く同じ問いに回答させた後、「授業を通して何を学べたか」について自由記述で回答させた。

開発した学習指導法では、全自動洗濯機の自動化については一切触れていないが、この学習指導によって生徒の「コンピュータによる自動化概念」の形成が促進されれば、旋盤以外の機械や電気機器（ここでは全自動洗濯機）の自動化にコンピュータが活用されてい

表3 授業実践（2時間目）の学習活動・内容

1. 前時の学習内容を確認する。 ○制御用ソフト「オートマ君」の仕組みと働き
2. 本時の学習目標を確認する。 ○コンピュータで工作機械をコントロールする良さを調べよう
3. 工作機械（旋盤）の仕組みと加工する内容の説明を聞く。 ○旋盤の働きと構造 ○材料（真鍮棒）と加工図面
4. 教師による旋盤の手動操作・加工を観察し、気づいたことをプリントに記入する。
5. コンピュータによる旋盤の自動操作・加工を観察し、気づいたことをプリントに記入する。 ○プログラムと作業の連動状況
6. 旋盤を手動で操作する場合と、コンピュータで制御する場合の違いについて、気づいたことをプリントに記入する。 ○作業の容易さ・正確さ・安全性 ○作業に要する時間
7. 気づいたことを発表し（発表を聞き）、教師による発表された意見の板書をプリントにまとめる。
8. 事後調査を行う。
9. 本時の学習内容をまとめる。 ○身近な機械・電気機器におけるコンピュータ制御 ○コンピュータ制御による労力の減少・操作の質の向上 ○自動化による大量生産の効率化 ○プログラムによる作業の柔軟化

ることに気づくと予測した。すなわち、前者の全自動洗濯機に関する調査結果を実態調査と比較した結果、及び「授業を通して何を学べたか」についての自由記述の内容から、学習の成果、学習指導法の有効性を評価・検証することにした。

## 6. 結果と考察

初めに、授業実践（学習指導法による指導）の様子について具体的に述べる。

授業実践は、3クラスとも表3に示す手順に沿って行われた。まず、学習活動4の「教師による旋盤の手動操作・加工」に要した時間は、最初に授業を行ったA組が4分44秒、次のB組が3分40秒、最後のC組が2分45秒であった。後の授業ほど時間が短くなっているが、これは教師が操作を繰り返したことで練習効果が表れたためと思われる。これに対し、学習活動5の「コンピュータによる旋盤の自動操作・加工」は、同じプログラムを用いているので作業時間は6分43秒と同じであるが、手動よりもかなり長い時間を要している。これは、制御用ミニ旋盤に用いられている工具送り用モータ、横送り用モータの性能やオートマ君の制御能力があまり高くない(秒単位の制御しかできない)ためである。

次の学習活動7の「気づいたことを発表し（発表を聞き）、教師による発表された意見の板書をプリントにまとめる」活動であるが、クラスにより発表された意見（教師によって板書された事項）に違いがあった。これらを表4にまとめて示した。

これを見ると、コンピュータで制御する良さについては、いずれのクラスでも「正確に加工できる」という意見が出されている。またB組では、「(バイトの)動きが一定なので、削り屑が飛び散らず安全である」

という安全面に関する意見が出されている。更にC組では、一人の生徒から「一度プログラムを作れば、同じモノを幾つでも大量に作ることができる。手動の場合は、一つひとつ異なる形のものを作るのに向いている」という意見が出されている。これは、両者の特性を機能面からの確に比較した、プログラムによる自動化の意義を捉えた、かなり質の高い意見といえる。

一方、手動で操作する場合の良さについては、B及びC組で「操作に要する時間が短い」ことが指摘されている。

以上の意見に対して、この場（学習活動7）では教師は何の補足説明等も行っておらず、生徒の意見を板書したのみである。なお、事後調査を実施した後の学習活動9「本時の学習内容のまとめ」では、教師はまずコンピュータ制御による労力の減少や操作の質の向上、及び自動化による大量生産の効率化、プログラムによる作業の柔軟化について確認させ、次にコンピュータ制御による作業が手動よりも時間を要した理由等の補足説明を行っている。

次に、全自動洗濯機に関する事後調査の結果、及び実態調査（問2）との比較結果について述べる。

事後調査の結果は、実態調査で用いた3段階の基準に沿って評価・分類した。なおここでは、ソフトウェアを指すと判断した回答（用語）に「オートマ君」を加えて評価した。これらを認識調査と同じく、クラス別と3クラスを集計したものに分けて図7に示した。

3クラス集計のグラフから、レベル3の被験者は18名（15.8%）、レベル2の被験者は43名（37.7%）であった。なおレベル2の回答者43名の内訳は、10名がハードウェア、33名がソフトウェアであった。

すなわち、コンピュータ・ソフトウェアの関わりを指摘できた被験者はレベル2と3を合わせて51名（44.7%）である。ここで、実態調査・事後調査間の

表4 学習活動7における各クラスの発表意見

	手動で操作する良さ	コンピュータで制御する良さ
A組		○見ているだけでよいので楽である ○正確に加工できる
B組	○操作に要する時間が短い（作業が速い）	○ミスが少なく正確である ○（バイトの）動きが一定であるため、削り屑が飛び散らず安全である
C組	○操作に要する時間が短い ○一つひとつ違う形のものを作るのに向いている	○操作が簡単で、作業が正確である ○一度プログラムを作れば、同じものを大量に作ることができる

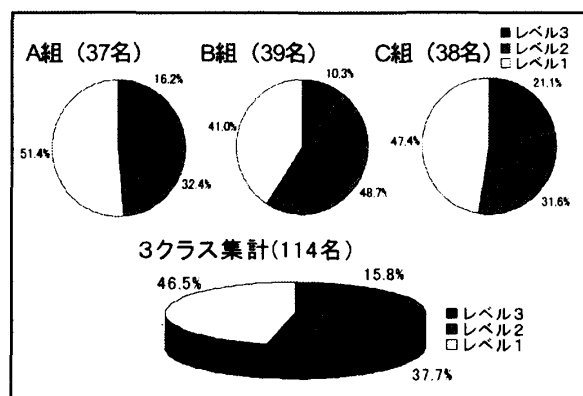


図7 事後調査の結果

回答率の差を「増加ポイント」（以下、単位を p と略記）とすると、実態調査の段階：11名（9.6%）と比較して 35.1 p も回答率が高くなっている。このことから、今回の授業実践を通して、全自動洗濯機の自動化をコンピュータ・ソフトウェアが担っていることに気づいた生徒がかなり増加したことは明らかである。

次に、ハードウェアも含めた各クラス別の結果に注目したい。図 7 のクラス別のグラフを見ると、全自動洗濯機に「コンピュータのハードウェアとソフトウェアが組み込まれている」ことを指摘できているレベル 3 は、実態調査の結果（図 3）と比較すると、いずれのクラスとも回答率が高くなっている。レベル 3 の「増加ポイント」では、A 組が 13.5 p、B 組が 5.2 p、C 組が 18.5 p となっている。C 組は増加ポイントが比較的高いが、これは C 組の学習活動 7 で生徒から出された「手動と自動の特性を比較した質の高い意見」が、発表者以外の生徒にも反映された結果であると考えられる。

西林（2000）は、学習指導の過程は「教師と学習者による、教材の学習をめぐる相互作用の過程」であり、その過程で学習者は「自己に関する認知が促進される」可能性があり、学習者が「自分について気づき、正確な自己認識をもつようになり、学習者本来の力を発揮できるようになることがあり得る」と述べている。今回開発した学習指導法では、「教師による説明や討論」はその内容に含んではいないが、上記の C 組の結果や西林の見方を考慮すると、手動で操作する場合とコンピュータで自動化する場合の特性・良さくどのような生産条件に向いているかとの説明や討論を、生徒からそのような意見が出ない場合、教師が意図的に盛り込むことが有効であると思われる。

以上、コンピュータ・ソフトウェアの関わりの指摘、及びレベル 3 の回答率に注目して論議を進めてきたが、本研究で開発した学習指導法の有効性を検証する際の重要な視点は、「旋盤の手動・自動制御」の学習が「全自動洗濯機の仕組み」の予測に繋がるかが鍵である。ここでは、レベル 1 から「ハードウェア・ソフトウェアのいずれかが組み込まれている」ことを指摘するレベル 2 以上に達するか、あるいはレベルが向上した場合は「予測に繋がった」可能性がある。ここで、レベル 2 とレベル 3 を合わせて検討すると、その増加ポイントは、A 組が 29.7 p、B 組が 35.9 p、C 組が 34.2 p で、3 クラス集計（平均）でも 33.3 p とかなりの増加となっている。ただこれらの結果は、クラス別及び 3 クラス集計の平均値を比較して全体的な傾向をみたもので

ある。学習指導法の有効性等を検証するには、平均値だけでなく個々の生徒の変容を分析する必要がある。そこで、学習指導法による指導を受ける前と後の、個々の生徒の変容状況を分析し表 5（縦線より左）に示した。ここでは、レベル 2 とレベル 3 を「正答」、レベル 1 を「誤答」とし、指導前後での「正誤の変容」「変容パターン（学習効果）」における該当者数を示した。

これを見ると、事後調査で正答となった被験者は 61 名（全体の 53.5%）で、この内 49 名（全体の 43.0%）に正の学習効果、すなわちレベルの向上が見られた。一方、事後調査で誤答となった被験者は 53 名（全体の 46.5%）で、この内負の学習効果、すなわちレベルが低下した被験者は 7 名（全体の 6%）であった。このことから、レベル向上が見られた 43.0% の生徒、つまり学習指導を受けた半数近くの生徒で「予測に繋がった」といえる。ここで表 5 から、被験者の正誤の変容と該当者数を比較（マクニマーの検定）したところ、事後調査において正答となった生徒が有意に増加（ $Z = 4.76, p \leq .05$ ）したことが確認された。

なお、この全自動洗濯機に関する調査では「ハードウェアとソフトウェア（あるいはその何れか）」の組み込みの指摘で「予測に繋がった」可能性を探ったが、例えば「正の学習効果」が見られた 49 名においては、内 38 名は「指摘したハードウェアとソフトウェアの関連、あるいはそれらの動作・働きの説明」を含めた回答を行っていた。（調査が「どんな装置が全自動洗濯機に組み込まれていると思うか」との問いであったため、「説明」を省いた被験者もいたと考えられる。）このこ

表 5 学習後のレベル変容状況と自由記述との関連

	正誤の 変容	変容 パターン	学習 効果	該当 者数	A 回 答数	B 回 答数	A B 計
事後 調査 で 正 答	誤→正	1→3	+	10	2	2	4
		1→2	+	31	3	8	11
		2→3	+	8	1	2	3
	正→正	2→2		9	1	4	5
		3→3		0	0	0	0
		3→2	-	3	1	0	1
事後 調査 で 誤 答	誤→誤	1→1		46	5	14	19
		2→1	-	6	0	1	1
	正→誤	3→1	-	1	0	0	0
	<被験者数>			114	13	31	44

※レベル 2、3 を正答、レベル 1 を誤答とする。

※「学習効果」は事後調査でレベルが向上した者を「+」、低下した者を「-」と表記。

◇A 回答：「手動制御と自動制御を比較して違い（よさ）を具体的に指摘」した回答。

◇B 回答：「（手動制御についての言及はないが）自動制御のよさを具体的に指摘」した回答。

とから、今回の分析方法・結果により「予測に繋がった」と判断できるだろう。

最後に、「授業を通して何を学べたか」についての回答の分析結果について述べる。前述の全自動洗濯機に関する実態調査・事後調査の結果の比較から、開発した学習指導法が全体として有効であったと推察される。しかし、この学習指導法で特に留意した「手動制御とコンピュータによる自動制御の比較検討<表3の学習活動1～6>」が有効に作用したかどうかはこの比較結果のみでは明らかにできていない。すなわち「授業を通して何を学べたか」についての被験者の回答状況を加味した分析を行うことでこの点を明らかにし、最終的に学習指導法の有効性を確かめることにする。

自由記述回答の分析では、「手動制御（人間の手による作業）と自動制御（コンピュータを用いた作業）を比較して違い（よさ）を具体的に指摘」した回答（A回答）、及び「（手動制御について直接言及してはいないが）コンピュータ制御のよさを具体的に指摘」した回答（B回答）を選び出し、表5（縦線より右）に示した。その結果、「レベル向上が見られた被験者（学習効果が+）」において49名中18名（36.7%）、「レベル向上が見られなかった被験者」において65名中40名（40.0%）、全体で44名（38.6%）からこれに該当する回答が得られた。具体的な回答例（A回答）を幾つか挙げると、「コンピュータで行うと、手動と違い常に同じ動きをするので正確で大量に同じ形のものや同じ動きをするものが作れる（変容パターン[1→3]該当者）」、「手動で行うよりもコンピュータでプログラムをする方が正確で、同じことを何度もするのに向いているが、一つひとつ違うことをするのに向いていないので用途に応じて使い分ければ便利になる（変容パターン[1→2]該当者）」、「人の手作業よりも、より正確に、安全に行えるコンピュータ作業についてよく分かった（変容パターン[3→3]該当者）」などである。

なお授業実践場面では、前述のC組のように「手動と自動の特性を比較した質の高い意見」が出されたクラスもあったため、クラス毎の回答状況も検討する。A回答及びB回答を合わせると、A組が15名（40.5%）、B組が16名（41.0%）、C組が13名（34.2%）で、授業場面で「質の高い意見：コンピュータは同じモノを幾つでも大量に作れる。手動の場合は一つひとつ異なる形のものを作るのに向く」が出されたC組が、A・B組よりも回答率が低くなっている。ただ、この「質の

高い意見」と同質の回答はA組が0名、B組が3名、C組が5名とC組が多い。これは、事後調査（学習活動8）が学習活動7の直後であったため、C組被験者が「質の高い意見」に強く影響されつつも、それ以外の事柄に学びが広がらなかったことを示すものであろう。このことから、教師は「手動で操作する場合とコンピュータで自動化する場合の特性・良さの説明や討論」を、授業展開に応じて意図的に盛り込むべきであろう。

前述のように、この問いは「何を学べたか」について被験者に自由記述で回答を求めたものであり、多様な答が予測されるものである。それにも拘わらず、人間の手作業とコンピュータによる作業との比較をふまえた具体的な指摘が全体の44名（38.6%）に達したこと、特に「質の高い意見」が出なかった（板書されなかった）クラスで回答者が多かったことは、「手動制御とコンピュータによる自動制御の比較検討」が生徒に強く意識され、有効に作用した結果と考えられる。

更に、事後調査でレベル向上が見られず、変容パターンが[1→1]であった被験者（46名）でも、回答者が19名（41.3%）であったことは、「旋盤の手動・自動制御」の学習が「全自動洗濯機の仕組み」の予測に繋がらずとも、自動化概念の形成がかなり進んだことを示すものであるといえよう。

以上のことから、開発した学習指導法は、本研究で目標としたコンピュータによる「自動化概念」を中学生に形成させるうえで有効に作用したと判断してよいであろう。

## 7. 結 論

開発した学習指導法を授業実践して検証した結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 「旋盤を用いた加工」を手動による操作とコンピュータによる自動制御について比較検討する学習指導は、中学生の自動化概念を高め「全自動洗濯機の仕組み」の予測を促進する。
- 2) この「学習指導法」は、中学生のコンピュータによる自動化概念の形成に有効に作用する。

なお、本研究は制御概念の学習指導法とその有効性を、コンピュータを用いた教材の範囲で検討したものである。今後は、このような学習指導が中学生の制御概念全般の形成にどのような影響を及ぼすか等について、更に詳細な検討を進める必要があろう。



## 謝

## 辞

本研究の進めるにあたって、福岡教育大学教育学部  
附属小倉中学校校長 三本松正敏先生、副校長(現在 福  
岡県教育庁) 江崎蔵先生、そして技術科の山崎一憲先  
生には授業実践の設定や準備で大きなお力添えを頂い  
た。また、同附属中学校3年生の生徒の皆さんには授  
業実践及び調査で多大なるご協力を頂いた。記して感  
謝の意に代える。

## 参 考 文 献

- g~soft (2003) 技術教育ソフト開発プロジェクトチーム  
村松浩幸, 川俣純, 砂岡憲史, 柘植一也  
: <http://www.gijyutu.com/>  
川俣純 (1999) 技術科の授業を創るー学力への挑戦ー.  
学文社, 東京, pp.186-187  
宮倉禎典・津田政明・金澤信利・廣瀬幸雄・村田昭治  
(1990) 制御モデルを用いた情報基礎教材の開発.  
日本産業技術教育学会誌, 32(4): 263-267  
文部省 (1998) 中学校学習指導要領 (平成10年12月)  
解説ー技術・家庭編ー. 東京書籍, 東京, p.4,  
pp.16-44  
村松浩幸 (2000) I T の授業革命「情報とコンピュー  
タ」. 東京書籍, 東京, pp.10  
西林克彦 (2000) 「学習指導の過程」教員養成のための  
テキストシリーズ3 学習指導の方法と技術. 新曜  
社, 東京, pp.88-89

## Summary

On this study, a new teaching method was developed  
for the concept formation of automatism on computer for  
junior high school students. This teaching method  
includes two productive processes in which use a  
metal-turning lathe, the one process is controlled by a  
teacher's hand operation and the other process is  
controlled by the computer program. On this teaching  
method, the teacher requests students to present the  
differences between two processes after observation. The  
teaching practices including the proposed teaching  
method were performed to junior high school students.  
And the tests were given to investigate concept  
'automatism' of junior high school students before and  
after the class. In those tests, questions are on  
mechanism of machine other than the metal-turning lathe  
controlled by computer. The effectiveness of the teaching  
method was verified by the comparison of these results.  
As the results, concept 'automatism' of junior high school  
students progressed after the class, and results of  
learning was confirmed. Therefore, the new developed  
teaching method confirmed effectiveness for the concept  
formation of automatism on computer control for junior  
high school students.

KEY WORDS: COMPUTER, METAL-TURNING  
LATHE, CONCEPT OF AUTOMATISM, TEACHING  
METHOD, TEACHING PRACTICE

(Received February 14, 2007)