

NC 工作機械による制御学習の一考察

—技術科教員養成における制御システムの概念理解に向けて—

島田 和典・市原 靖士

Consideration of Learning about Control Systems using NC Machine Tools
— For Understanding of Control Systems as Technology Teacher Training —

SHIMADA, Kazunori and ICHIHARA, Yasushi

大分大学教育学部研究紀要 第38巻第1号

2016年9月 別刷

Reprinted From

THE RESEARCH BULLETIN OF THE

FACULTY OF EDUCATION

OITA UNIVERSITY

Vol. 38, No. 1, September 2016

OITA, JAPAN

NC 工作機械による制御学習の一考察

—技術科教員養成における制御システムの概念理解に向けて—

島 田 和 典*・市 原 靖 士**

【要 旨】 本研究の目的は、NC 工作機械(CNC 旋盤)を使用した制御システムの概念を理解するための学習方法を検討することである。教員養成系学部において中学校技術の教員免許の取得を目指す学生 10 名を対象に、金属加工領域において、制御システムの概念の理解を図る実習を構成し、概念地図法により受講生の形成する制御システムにおける概念を評価した。その結果、実習前に比較して実習後は、より適切な制御システムにおける概念の形成がみられ、実習の効果が確認された。また、実習後の感想の記述から、その加工について受講生に必要なレディネスとして、座学による加工の理論を学んだ段階から、実際に汎用機による加工の技能をある程度を習得しているレベルである必要性が示唆された。

【キーワード】 NC 工作機械 金属加工 制御システム 概念地図

I はじめに

1 本研究の目的及び中学校技術科の授業展開の概要

本研究の目的は、学部教育における NC 工作機械(CNC 旋盤)を使用した制御システムの概念を理解するための学習方法を検討することである。対象は、教員養成系学部において中学校技術の教員免許の取得を目指す学生とし、コンピュータ上のシミュレーションに留めるのではなく、実物を通した経験による制御システムの理解に焦点をあてることとした。なお、ここで取りあげる制御とは、中学校技術・家庭科技術分野(以下、中学校技術科)で展開される「プログラムによる計測・制御」(注 1)の内容を指すこととする。

教育現場の状況として、中学校技術科では、3 年間で学ぶ内容として「A 材料と加工に関する技術」、「B エネルギー変換に関する技術」、「C 生物育成に関する技術」、「D 情報に関する技術」が必修として設定されている¹⁾。このうち、「D 情報に関する技術」には、「プログラムによる計測・制御」の学習が含まれており、教育現場では自立型のロボット等を題材とした実践が見られる。ここでは、ロボットに搭載されるコンピュータへ、生徒自らが作成した簡単なプログラムを書き込むことによって、その動きを確認し、プログラミングによる計測・制御をロ

平成 28 年 5 月 31 日受理

*しまだ・かずのり 大分大学教育学部生活・技術教育講座(機械工学・工業教育)

**いちはら・やすし 大分大学大学院教育学研究科(情報教育・技術教育)

ボットという実物を通して理解することをねらいとしている。また、このような題材を扱うことで、加えて「A 材料と加工に関する技術」の「製作品の設計・製作」を同時に展開し、ロボットのボディを設計し木材や金属を自ら加工して製作したり、「B エネルギー変換に関する技術」の「エネルギー変換機器の仕組み」について触れ、ロボットの動力となるモータとギヤボックスを取りあげて、歯車の機構を学習したりするといったように、A～D の複数の内容を融合した題材としての提案も見られる²⁾。このような内容融合型の授業は他にも見られ、例えば正好は、「C 生物育成に関する技術」と「D 情報に関する技術」を同時に学習させることができる題材として、「コンピュータにより照度条件を制御した作物の栽培」や、「A 材料と加工に関する技術」と「B エネルギー変換に関する技術」を同時に学習させることができる題材として、「LED ランタンの製作」を提案している³⁾。これは、技術科の限られた時間数において、生徒の興味関心を喚起し、同時に無理なく A～D の内容を学習するために、各技術科教員が試行錯誤を経て実践していることである。一方で、生徒の視点からみても内容ごとに個別に展開される授業に加え、内容を融合した題材の展開は、1 つの側面に偏らず、多面的な視点をもって物事を考えることにつながる考えられる。

2 本研究に関連する制御学習の先行研究

中学校技術科の制御学習に関連する先行研究としては、その代表的なものに上述したロボットを題材とした実践が見られる。例えば森は、制御及びプログラミング学習のための題材としてロボットを取りあげ、このような題材による授業を通して、センサやプログラミングに対する理解度及び興味関心の向上する知見を得ている⁴⁾。また嶋田らは、27 単位時間に及ぶ系統的な自立型ロボット教材の授業実践が、制御学習として高い学習効果につながることを述べている⁵⁾。伊藤らは、制御学習にはソフトウェアだけでなくハードウェアの両面の理解が必要であることを指摘し、これに対応したロボット題材を提案している⁶⁾。これらの先行研究から、制御システムを搭載したロボットを用いて制御学習を展開することは、生徒の興味関心を喚起しつつ、制御システムの理解に寄与することが認められる。しかしながら、制御学習に対する包括的な概念やその変容の検討には至っていない。

そこで萩嶺らは、制御学習における中学生のレディネスの把握を目的に、生徒の既有概念の実態を明らかにしている⁷⁾。同研究では、制御学習において形成させたい概念モデルを、技術科教員及び工学部の教員らとともに作成した上で、工学部生 16 名を対象とした調査によりその妥当性を確認している(図 1)。図の制御システムにおける概念モデルより、制御システム全体を、入力系、処理系、出力系の 3 つの構造で捉え、入力系と処理系が、処理系と出力系がそれぞれ

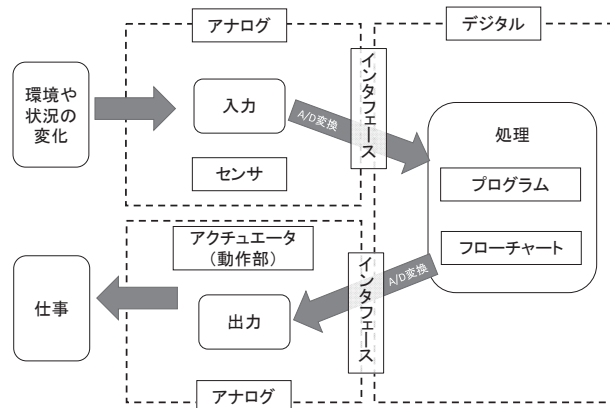


図1 萩嶺らによる制御学習における概念モデル⁷⁾

インタフェースを介して関連づけられていることが示されている。制御システムを搭載した多くの機器を個別にみると、この概念モデルが場合によっては細部について合致しない部分も考えられるが、制御システムの基本をとらえたモデルとして有用と考えられる。同研究では、工学部生によってその妥当性を検討したうえで、中学生の制御システムに対するレディネスの検討を行っている。

3 技術科教員養成に必要と考えられる専門科目のアプローチ

このような萩嶺らの検討⁷⁾は、制御学習における学習者を評価する一つの手法として有用である。言うまでもなく、このような概念モデルについて指導者側の技術科教員が十分に把握しておくことは、授業を実施する上での前提である。同研究では、上述の通り概念モデルの作成過程において、工学部生に対して調査を行っている。その結果として、中学生に比較すると高い概念の形成が見られたものの、作成に関わった技術科教員や大学教員のレベルには達していないことが明らかになっている。必然的に、将来教壇に立つ教員養成系学部において中学校技術の教員免許の取得を目指す学生は、この概念を十分に理解しておく必要がある。しかしながら工学部生への調査の結果を加味すると、これらの学生についても、十分な理解には至っていないことが考えられる。なお、中学校技術の教員免許に係る教職課程では、教科に関する科目(専門科目)として「木材加工」、「金属加工」、「機械」、「電気」、「栽培」、「情報とコンピュータ」の6領域が設定され、それぞれ1単位以上を履修することとなっている。すべての領域で実習を行うことが必修とされているものの、あくまで各領域の専門に関する内容で構成されるのが現状である。本研究では、このような自動制御による機器を扱う専門科目として「金属加工」に着眼した。金属加工領域の学習内容は金属の特性や切削の理論等を扱うのと同時に、実習を通して主に金属の手仕上げや汎用工作機械による切削加工等の基礎技能を習得する。加えて、金属加工に関係する産業のほとんどがNC工作機械を導入し、生産過程の中核的な役割を担っている現状を踏まえ、自動制御システムによる金属加工の内容を含めることが望ましい。先行研究で指摘されているように、制御学習ではプログラミングというソフト的側面に加えて、実際に制御対象となるハード的側面の両面による学習が重要と考えられる。これに対応して本研究では、CNC旋盤において、機械を制御するためのプログラミングと、それにより作動する工作機械を一つの制御システムと捉えることとし、実習を構成することとした。

以上、本研究では教員養成系学部において技術科の教員免許の取得を目指す学生に対して、NC工作機械の理解とともに、制御システムの概念の理解を図ることを目的とした実習の構成を試みることにした。本研究ではこの制御システムの概念の理解について評価を行うことにした。その際、プログラムについては基本的な内容を扱い、汎用旋盤では加工が不可能な制御を盛り込むことにした。

II 研究の方法

1 調査の対象及び実施時期

調査対象者は、教員養成系学部において中学校技術の教員免許に係る専門科目を受講する学生10名

■1年次科目の受講生6名(座学により金属加工における切削の理論については既習)

■2 年次科目の受講生 4 名（上記に加え、汎用機による切削の実習を既習）

※ただし、1 年次科目受講生のうち 1 名は過年度生として受講しており、2 年次科目の受講生同様に切削の実習は既習であるため、分析では 2 年次科目の受講生群に属することとした（以下、1 年受講群、2 年受講群とする）。また、両群ともに情報機器の操作に関する基礎的な科目（教養教育及び専門科目）は履修済みまたは履修中の状態であるが、上記の 1 名を除き、プログラミングに関する専門科目はともに未履修の状態である。

調査は、平成 28 年 1 月に、1 年受講群は「金属加工学（製図及び実習を含む。）」、2 年受講群は「金属加工実習」のそれぞれ講義時間後に実施した。

2 構成した実習（学習）内容及び学生の状況

CNC 旋盤の概要及び簡単なプログラミング（G コード及び M コード等）に使用するコードについて説明したうえで、汎用旋盤では不可能な加工方法を例に簡単なプログラミングを行い、実際に加工を行う実習形式で実施した。使用した CNC 旋盤は以下の通り。

■CNC 旋盤 旋盤：森精機製作所 SL-25MC、制御装置：ファナック MSD-516Ⅱ

加工は、真鍮の中実丸棒（φ40）の端面削りとした。一般的に旋盤による加工時の切削条件は、バイトの切削速度、送り量、切り込み量である。本研究では、このうち切削速度に着眼した実習を構成した。切削速度 $V \text{ m/min}$ とは、被削材を加工する刃物が、1 分間に加工する長さ（ m ）を意味する。旋盤の場合、被削材を回転させる際、作業者は主軸回転速度 $N \text{ min}^{-1}$ （これを一般に主軸回転数という）を設定する。被削材直径 $D \text{ mm}$ 、主軸回転数 $N \text{ min}^{-1}$ とすると、切削速度 $V \text{ m/min}$ は次式によって表される。 π は円周率。

$$V = (\pi \cdot D \cdot N) / 1000$$

端面削りの場合、図 2 のように被削材直径 D は加工と共に減少するため、最適な切削速度 V を保つためには、主軸回転数 N を上昇させていく必要がある。しかしながら汎用旋盤の場合、主軸回転数 N は停止中にギヤの組み合わせにより速度伝達比を設定することから、作業中（主軸回転中）は一定の回転速度で回転し、変更ができない。したがって、上記の式から明らかなように、被削材直径 D の減少とともに V の値は変化する。そのため、外円部分を最適な切削速度に設定した場合、中心に向かって条件が変化し、適切な加工ができないことがある。一方 CNC 旋盤では G コード（G96）の指令によって、被削材直径 D の減少に伴って主軸回転数 N を上昇させ、切削速度 V を一定に保つ制御（以下、周速一定制御とする）が可能である。本研究では、汎用旋盤と同様の加工である周速一定制御をかけない場合と、かける場合の 2 つのプログラム例を作成し、加工後の表面を確認する作業を含めて、CNC 旋盤の概要を理解するように

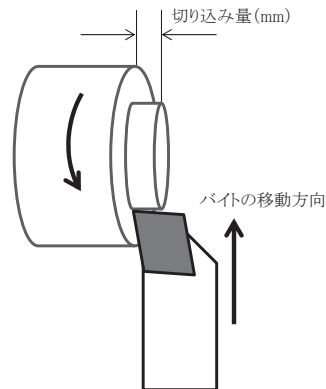


図2 旋盤による端面削り

実習を構成した。作成したプログラム例を表 1 及び表 2 に示す。

受講生はいずれも学部の講義において CNC 旋盤を扱った経験はない状態である。金属加工の当該関係分野について、1 年受講群は「金属加工学(製図及び実習を含む。)」において、旋盤の切削理論を座学によって学んでいる状態、2 年受講群はこれに加えて、「機械工作実習」及び「金属加工実習」において汎用旋盤による切削を、実習を通して経験し、その基礎的な技能を習得している状態である。

表 1 CNC 旋盤による端面削りのプログラム例(主軸回転数一定の場合)

プログラム	説明
G50 X__ Z__;	座標系設定
M03 S800 T0404;	主軸時計方向回転, 800min^{-1} , 工具番号4
G00 X50 Z0;	位置決め
G01 X-5 F0.14;	直線補間
Z2;	
G00 X__ Z__;	位置決め
M05;	主軸停止
M30;	プログラムの終了

表 2 CNC 旋盤による端面削りのプログラム例(周速一定制御の場合)

プログラム	説明
G50 X__ Z__ S1600;	座標系設定, 主軸最高回転設定(1600min^{-1})
M03 G96 S100 T0404;	主軸回転, 周速一定有効 $V=100\text{m}/\text{min}^{-1}$
G00 X50 Z0;	位置決め
G01 X-5 F0.14;	直線補間
Z2;	
G00 X__ Z__;	位置決め
G97 M05;	周速一定無効, 主軸停止
M30;	プログラムの終了

※最高主軸回転を 1600min^{-1} に設定しているため、 $\phi 20$ 付近よりの最高回転で一定になる。

3 実習前後の変容の評価と調査の方法

学生の制御システムに対する概念を把握する手法として、前述の萩嶺らの研究手法⁷⁾に準じ、Novak による概念地図法を利用する⁸⁾。この手法は、概念間の関係として、「～は・・・である」等の命題に焦点をあて、概念をネットワークの形で図式化したものである。概念地図法の構成要素は概念を表すノード(node)と関係を表すリンク(link)から構成されている。リンクには、ノード間の関係を表すリンクワードが付される。概念地図の作成は、ノード間の関係を考え、その関係を表すリンクワードを判断し、ノード間のリンクを結んでリンクワードを書き入れるといった過程からなる。本研究では、制御学習における概念モデル(前掲図 1)を使用し、1 年及び 2 年受講群の実習前後のリンク形成の変容から、本実習の制御に対する概念の変容への寄与を検討する。なお、CNC 旋盤に対応した概念モデルとするため、分析では図中の「環境や状況の変化」を「作業者による SW(スイッチ)投入, 異常検知」として議論する(※被験者にこの概念モデルは示されない)。

設定したノードは概念モデルに記載される「入力、処理、出力、センサ、プログラム、フローチャート、アクチュエータ、動作部、インタフェース、アナログ、デジタル」の計 11 語である。なお、「アクチュエータ」は「動作部」を補完するために使用している語であるため、本研究では同義として扱うこととした。

「コンピュータを用いた制御システム」という命題に対して、ノード間の関係を考えさせ、ノード間のリンクを結んでリンクワードを書き入れさせた(図 3)。その際、11 語のノードについては、無理に全ての語を使用しなくてもよいこと、11 語以外のノードも必要に応じて設定してよいことを指示した。また、実習後の受講生の感想(記述)を基に、本実習の適時性に対する検討も行うこととした。

コンピュータによる機器の制御について概念地図を描いてください。
※この結果は成績には関係ありません。

我々の身の回りには、コンピュータを使って制御された機器が多くある。簡単な操作スイッチで複雑な仕事をする機器や、完全に自動化された機器などさまざまである。このような機器には、コンピュータを用いた制御システムが使われている。
そこで、以下の手順で、あなたの考える制御システムを表してください。

ラベル
入力 処理 出力 センサ 動作部 プログラム フローチャート
アクチュエータ インタフェース アナログ デジタル

問い
上のラベルを、コンピュータを用いた制御システムというラベルと関連付け、図に表してください。そのとき、ラベルトラベルの間は線（または矢印）でつなぎ、線の上に、その関連性を表す言葉（～は・・・である）を書いてください。ただし、すべてのラベルを無理に使う必要はありません。また、上記のラベル以外に使いたいラベルがある場合は追加しても構いません。

コンピュータを用いた
制御システム

図 3 調査用紙(実習前)

Ⅲ 結果と考察

1 ノードの使用率による実習前後の変容

調査の結果、対象者 10 名中、全員の有効な回答が得られた。1 年、2 年受講群のノードの使用率を集計した結果、両群に大きな差異が認められなかったため、両群を合わせて表 3 にまとめた。表より、フローチャート、アクチュエータ、インタフェース、アナログ、デジタル等、実生活に用いる場面が少ないノードを中心に、実習前の段階で比較的低い使用率に留まった。これは先行研究における工学部生を対象とした調査⁷⁾と類似する傾向であることが認められた。一方、実習後の使用率についてはおおむね 9 割を超える使用率が得られており、本実習の制御学習によりノード(制御システムを構成する用語)の意味合いの理解が図られたことが考えられる。なお、実習後もインタフェースを用いなかった 2 名はともに 1 年受講群の学生であった。

表 3 実習前後のノードの使用率

ノード	実習前		実習後	
	人数	割合	人数	割合
入力	10	100%	10	100%
処理	10	100%	10	100%
出力	10	100%	10	100%
センサ	9	90%	9	90%
動作部	10	100%	10	100%
プログラム	9	90%	10	100%
フローチャート	7	70%	10	100%
アクチュエータ	4	40%	9	90%
インタフェース	5	50%	8	80%
アナログ	7	70%	9	90%
デジタル	7	70%	9	90%

N=10

2 概念モデルによるリンク形成率の変容

1) 実習前の状況

実習前の両群のリンク形成率について集計した(図 4)。集計方法として、図に示す矢印(→)間を「望ましいリンク」と位置づけ、ここに示されないリンクを「望ましくないリンク」と位置づけた。例えば、「入力ー出力」や「入力ーアクチュエータ」間をリンクした場合は「望ましくないリンク」とし、集計には含まれていない。「望ましいリンク」の形成率を集計した結果、これについても大きな差異が認められなかったため、両群を合わせて図にまとめた。なお、両群の間でリンク形成の該当が 2 名を超える差異が認められたのは「プログラムーフローチャート」間である(1 年 : 0 名, 2 年 : 5 名)。これは、他の授業科目においてプログラムやフローチャートを扱う内容があったためと考えられるが、差異はこの 1 点のみと限定的であり、全体としては両群が同じ傾向であると判断した。

全体を俯瞰すると、入力系、出力系内のリンク形成率の低さが目立ち、インタフェースを介するリンクについても低い形成率にとどまった。しかしながら、これらの知見についても、先行研究の工学部生と同様の傾向⁷⁾であることが確認された。工学部生、教員養成系学部生とも

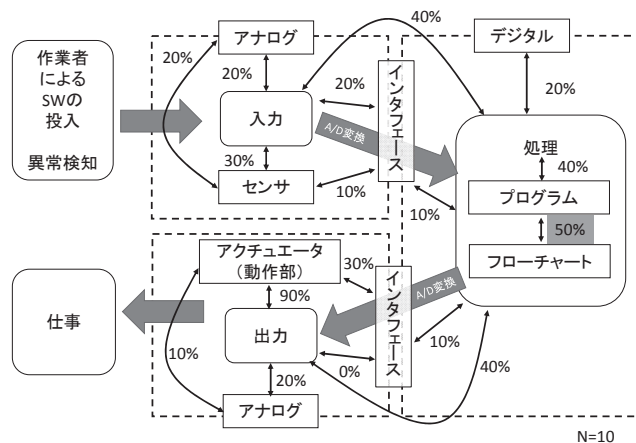


図 4 概念モデルにおける実習前のリンク形成率

に、ノードの使用は比較的高い割合である一方、リンクの形成率を概念モデルに照らし合わせると、技術科教員に比較して十分な制御システムの概念形成には至っていないことが伺える。

2) 実習後の変容

続いて上述の方法で制御システムに焦点をあてた実習を行った後、同様の調査を行った。実習後のリンク形成率を集計し、両群それぞれを図5, 6にまとめた。

図5, 6の全体を俯瞰すると、個別に低い形成率の部分は認められるものの、全体としては実習前の状態から形成率の向上が認められた。このことから、少なくとも制御システムの概念理解という視点で実施した本実習の効果が示されたものと考えられる。また、各専門科目において個別にハードウェアやソフトウェアのみを扱うことに加え、両者が組み合わさって制御システムを構成しているという全体像を理解させる目的をもって内容を構成することの重要性を示すものである。なおこの形成率について、極端に低い部分も見られるが、例えば「入力-インターフェース」、「センサーインターフェース」間のリンクは同義(センサを入力と位置づけている

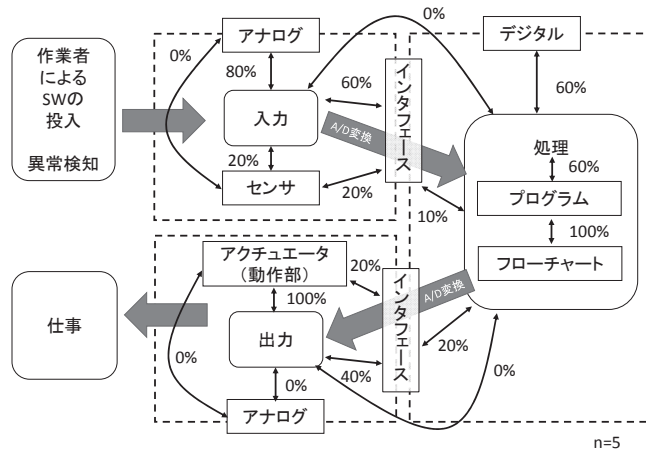


図5 概念モデルにおける実習後のリンク形成率(1年受講群)

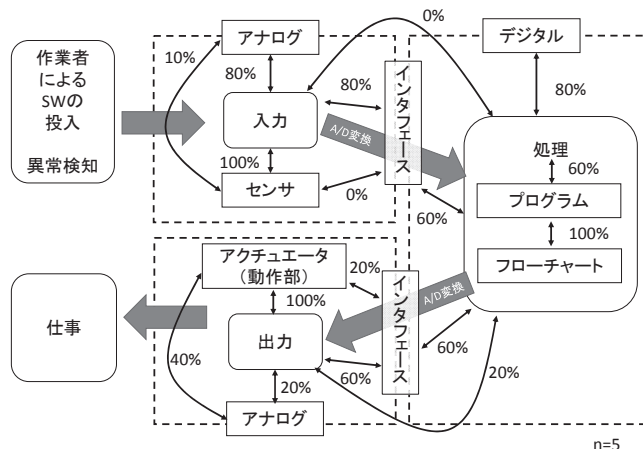


図6 概念モデルにおける実習後のリンク形成率(2年受講群)

場合)と捉えられる点等を考慮の上、検討を行っている。また、インタフェースの概念を適切に持つ場合、必然的に「入力-処理-出力」の直接的なリンク形成率は低くなること等も考慮の上、検討を行っている。

両群の形成率の違いに着眼すると、入力系における「センサー入力」間、また「インタフェース」を介した処理系との関連づけ等があげられる。これは、1 年受講群は CNC 旋盤の「強い負荷を検出した場合」のセンサによる入力信号や、その信号がインタフェースを介してやりとりされる概念の理解について十分でないことを示唆するものである。逆に 2 年受講群は、「入力系」から「インタフェース」を介して「処理系」へ情報が伝達され、プログラムに従った処理を経て、再び「インタフェース」を介して「出力系」へ、さらに「アクチュエータ」を作動させるというシステムの流れが、おおむね理解できていることが伺える。被験者数が限られる中での議論については留意しなければならないが、このような結果の背後に、両群の汎用機による加工の経験の違い、すなわち専門科目の履修状況の違いが指摘できる。そこで、授業後の感想を含めて、次節において本実習を実施する際の適時性の検討を行う。

3) 実習後の感想による評価

実習後、この実習に対する感想の記述を集計した。同様の内容について述べている記述を感想カテゴリとして設定し、10 名中 2 名以上が記述しているカテゴリを表 4 にまとめた。

まず両群とも、このような実習を通して「金属加工への興味や学習意欲の喚起(8 名)」につながったという記述が認められた。具体的には、「今回の実習で金属加工に対する興味がわいた」、「情報の分野と機械の分野が混在する内容で、大変興味深かった」、「今後、汎用機も含めて様々なものを作り出したい」といった記述である。同様に、「制御システムの概要の理解(7 名)」に関する記述が認められ、これは先の分析における概念モデルに関連し、自ら習得感を得たことを意味するカテゴリと捉えられる。これに加えて 2 年受講群は、作業に対する「安全に使用することの重要性(3 名)」、周速一定制御の理解から「汎用機による加工に比べた場合の優位性(3 名)」、「プログラムへの興味や学習意欲の喚起(3 名)」、今後さらに CNC 旋盤を自ら操作し、加工したいといった「CNC の操作に関する記述(2 名)」のように、具体的な学習内容について触れ、安全性を考慮しつつ、今後の学習に対する前向きな姿勢を示す記述がそれぞれ認められた。一方、1 年受講群では、「汎用機による加工方法の理解不足(3 名)」をあげ、これによって CNC 旋盤による周速一定制御の意味が理解できなかったという記述や、そもそも「内容が難しく理解できなかった(2 名)」といった記述も認められた。なお、この「内容が難しく理解できなかった」と回答した 2 名は、ノードの使用率の議論で実習後ともに「インタフェース」を用いな

表 4 実習に対する受講者の感想カテゴリ

実習後の感想カテゴリ	1年(n=5)	2年(n=5)
金属加工への興味や学習意欲の喚起	4	4
制御システムの概要の理解	3	4
安全に使用することの重要性(機械の危険性)	0	3
汎用機による加工に比べた場合の優位性	0	3
プログラムへの興味や学習意欲の喚起	0	3
CNC の操作に対する記述	0	2
汎用機による加工方法の理解不足	3	0
内容が難しく理解できなかった	2	0

かった2名であった。前節のインタフェースの形成率の議論についても、例えば、汎用旋盤では回転をON/OFFさせるSWとは別にフットブレーキが通常設置されており、これは通常の回転停止で用いる場合もあるが、加工時に異変を感じた場合に緊急的に回転を停止させるためのものである。汎用旋盤の加工をある程度経験している者は、その危険性や緊急時の対応についても理解ができており、その緊急時の認識が「人」から「センサ」に置き換わるという理解が円滑に図られたのではないかと考えられる。一方、汎用旋盤による加工の経験が未熟な場合、そもそも緊急時の状態が理解できていないため、センサの役割が適切に位置づけられなかったのではないかと考えられる。

これらのことから、このようなNC工作機械による制御学習を展開する場合、その加工について受講生に必要な水準として、座学による加工の理論を学んだ段階から、実際に汎用機による加工の技能をある程度を習得しているレベルである必要性が示唆された。これは換言すると、制御学習を展開する場合には、制御対象となるハードウェアの内容をある程度細部にわたって理解させておくことの重要性を意味するものである。その内容が安全性に関わる場合、必然的にその重要性は増すこととなる。

IV まとめ

本研究では、教員養成系学部において中学校技術の教員免許の取得を目指す学生を対象に、NC工作機械(CNC旋盤)を使用した制御学習について検討した。具体的には、金属加工領域において、制御システムの概念の理解を図る実習を構成し、概念地図法により受講生の形成する制御システムにおける概念を評価した。その結果、本研究の条件下で、以下の知見を得ることができた。

- 1) 使用したノードの使用率について、1年、2年受講群の両群に大きな差異が認められなかったことから両群を合わせて集計した結果、実生活に用いる場面が少ないノード(制御システムを構成する用語)を中心に、実習前の段階で比較的低い使用率に留まった。これは先行研究における工学部生を対象とした調査と類似する傾向であることが認められた。一方、実習後の使用率についてはおおむね9割を超える使用率が得られており、本実習の制御学習によりノードの意味合いの理解が図られた可能性が示唆された。
- 2) 制御システムにおける概念モデルのリンク形成率について、実習前の両群の状況を集計した結果、これについても全体として両群が同じ傾向であると認められた。具体的には、入力系、出力系内のリンク形成率の低さが目立ち、インタフェースを介するリンクについても低い形成率にとどまった。これらの知見は、先行研究の工学部生と同様の傾向であることが確認された。工学部生、教員養成系学部生ともに、ノードの使用は比較的高い割合である一方、リンクの形成率を概念モデルに照らし合わせると、技術科教員に比較して十分な制御システムの概念形成には至っていないことが指摘された。
- 3) 制御システムに焦点をあてた実習を行った後、同様の調査により実習後のリンク形成率を集計した。その結果、個別に低い形成率の部分は認められるものの、全体としては実習前の状態から形成率の向上が認められた。両群の形成率の違いでは、入力系における「センサー入力」間、また「インタフェース」を介した処理系との関連づけ等があげられた。1年受講群の当該概念の理解について、実習後も十分でないことが示唆された。2年受講群は、「入力

系」から「インタフェース」を介して「処理系」へ情報が伝達され、プログラムに従った処理を経て、再び「インタフェース」を介して「出力系」へ、さらに「アクチュエータ」を作動させるというシステムの流れが、おおむね理解できていることが示唆された。

- 4) 実習後、感想を基に作成したカテゴリについて集計した結果、両群とも、「制御システムの概要の理解(7名)」に関する記述が認められ、これは先の分析における概念モデルに関連し、自ら習得感を得たことを意味するカテゴリと認められた。これに加えて2年受講群は、具体的な学習内容について触れ、今後の学習に対する前向きな姿勢を示す記述がそれぞれ認められた。一方、1年生受講群では、「汎用機による加工方法の理解不足(3名)」をあげ、これによってCNC旋盤による周速一定制御の意味が理解できなかったという記述や、そもそも「内容が難しく理解できなかった(2名)」といった記述も認められた。これらのことから、金属加工領域においてこのようなNC工作機械による制御学習を展開する場合、その加工について受講生に必要な水準として、座学による加工の理論を学んだ段階から、実際に汎用機による加工の技能をある程度を習得しているレベルである必要性が示唆された。

今後は、中学校技術科の教員養成という観点から、本研究で取りあげた制御学習について、専門科目を横断するような実習構成の提案や、少なくとも専門科目間の連携をもった構成が必要と考える。その際、本研究のような受講生の形成する概念に着眼することで、専門科目の展開に対する適時性の議論が可能であると考えられる。これらを今後の課題とする。

注

- 1) 中学校学習指導要領解説技術・家庭編(参考文献 1))に示される内容は以下の通りである。

D 情報に関する技術

- (3)プログラムによる計測・制御について、次の事項を指導する。

ア コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組みを知ること。

イ 情報処理の手順を考え、簡単なプログラムが作成できること。

※本研究では、ここで扱われる制御システムの用語を用いている。制御対象とする機器については、同書ではエアコンディショナを例示しているが、本研究ではCNC旋盤を対象とする。

参考文献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領解説 技術家庭編，pp.36-37，教育図書（2008）
- 2) 三田純義，長壁高志，佐藤暁洋，前橋信吾，清水貴史：ロボット作り教室を通じた中学校技術分野「計測・制御」の指導内容の検討，群馬大学教育実践研究，第29号，pp.83-92（2012）
- 3) 正好東洋：中学校技術・家庭科技術分野における融合題材を用いた授業づくりに関する提案Ⅱ，岡山県総合教育センター研究紀要，第5号，pp.1-29（2012）
- 4) 森慎之助：ロボット教材を用いた制御・プログラミング学習の授業実践と作業分析，日本産業技術教育学会誌，第47巻第3号，pp.201-207（2005）
- 5) 嶋田彰子，山菅和良，針谷安男：自律型ロボット教材を活用したプログラムと計測・制御学習に関する授業方法の開発と評価，日本産業技術教育学会誌，第49巻第4号，pp.297-305（2007）
- 6) 伊藤陽介，森誉範，菊地章，大泉計：「プログラムと計測・制御」のためのロボット学習材の開

発と実践, 日本産業技術教育学会誌, 第 49 巻第 3 号, pp.213-221 (2007)

7) 萩嶺直孝, 島田和典, 森山潤: 概念地図法を用いた計測・制御システムに対する中学生の既存概念の類型化, 日本産業技術教育学会誌, 第 53 巻第 4 号, pp.263-271 (2011)

8) Novak, J.D.: Learning, Creating, and Using Knowledge-Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations-, *Lawrence Erlbaum Associates Publishers* (1998)

Consideration of Learning about Control Systems using NC Machine Tools

— For Understanding of Control Systems as Technology Teacher Training —

SHIMADA, Kazunori and ICHIHARA, Yasushi

Abstract

The purpose of this study is to explore a method of learning about control systems for technology teacher training by using concept maps. We gave practice to a class in understanding control systems by having them use the CNC lathe. We evaluated the alteration of students' concept of control systems before and after the class. As a results, we grasped that the students formed an appropriate concept of control systems through the class. On the other hand, for understanding the control system of the CNC lathe, we point out that students need experience of metalworking techniques as well as a theoretical understanding.

【Key words】 NC Machine Tools, Metalworking, Control System, Concept Maps