

## 中学校技術科「プログラムによる計測・制御」の学習指導に関する実践研究の展望と課題

萩 嶺 直 孝

森 山 潤

(兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科・院生) (兵庫教育大学)

本稿の目的は、中学校技術・家庭科技術分野における「プログラムによる計測・制御」の学習指導の在り方について、先行研究を整理し、今後の実践研究の展望と課題を検討することである。そのために本稿ではまず、社会を支える情報技術の利用形態として計測・制御技術の役割、技術リテラシーの観点から社会を支える計測・制御技術の基本的概念を技術科の授業で適切に指導することの重要性について述べた。その上で、技術科の教育課程の変遷と実践研究の動向を整理し、学習指導要領における計測・制御学習の位置づけがますますその重要性を増しているにも関わらず、実践研究の動向は教材・教具の工夫、題材の開発が中心となっており、技術評価・活用力育成の視点からの研究が不十分であることを指摘した。そこで本稿では、この点について①計測・制御技術に対する生徒のレディネスを把握する研究の必要性、②計測・制御学習における生徒の学習状況を把握する評価手法を確立する研究の必要性、③計測・制御技術に対する生徒の技術評価・活用力を育成する学習指導方法の開発研究の必要性を指摘し、今後の課題を展望した。

キーワード：中学校技術・家庭科技術分野、プログラムによる計測・制御、研究課題、展望

---

萩嶺直孝：兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科・院生，〒673-1494 兵庫県加東市下久米942-1

E-mail：naoda0709@dor.bbiq.jp

森山 潤：兵庫教育大学大学院・教授，〒673-1494 兵庫県加東市下久米942-1

E-mail：junmori@hyogo-u.ac.jp

---

## Critical View of Researches on Instructional Strategies of Teaching about Measurement and Control Technology in Technology Education

Naotaka Hagimine

*(Ph.D. program student, Joint Graduate School of Education, Hyogo University of Teacher Education)*

Jun Moriyama

*(Hyogo University of Teacher Education)*

The purpose of this paper is to discuss about issues and future tasks of practical researches for development of instructional strategies in teaching about measurement and control technology of Technology Education. At first, we pointed out the role of measurement and control technology as a form of utilizing information technology in our society, and the importance of giving students opportunity of learning about basic concept of measurement and control technology from the viewpoint of promoting their technological literacy. Next, we reviewed previous researches, course of studies, and changes of social situation. As a result, we indicated that previous researches on instructional methods for teaching about measurement and control technology mainly focused on development of teaching materials and students' project, and the viewpoint of technological literacy were not enough in those researches. On this point, we proposed the following necessities of researches as future tasks; 1) necessity of researches about students' readiness for learning about measurement and control technology, 2) necessity of researches about development of assessment methods of students' learning situations, 3) necessity of researches about development of instructional strategies for promoting students' technological literacy through learning about measurement and control technology.

Key Words: Technology Education, Measurement and Control Technology, Issues and future tasks in Researches

---

Naotaka Hagimine: Ph.D. program student, Joint Graduate School of Education, Hyogo University of Teacher Education, 942-1 Shimokume, Kato-city, Hyogo 673-1494 Japan, E-mail: naoda0709@dor.bbiq.jp

Jun Moriyama: Professor, Graduate School of Education, Hyogo University of Teacher Education, 942-1 Shimokume, Kato-city, Hyogo 673-1494 Japan, E-mail: junmori@hyogo-u.ac.jp

---

## 1. はじめに

本稿の目的は、中学校技術・家庭科技術分野（以下、技術科）における「プログラムによる計測・制御」の学習の在り方について、先行研究を整理し、今後の実践研究の展望と課題を検討することである。そのために本稿では、「プログラムによる計測・制御」の学習に関する基本的な考え方を整理した上で、関連する先行研究を概観し、今後の実践研究の展望と課題を検討する。なお、本稿では、「プログラムによる計測・制御」の学習を以降、「計測・制御学習」と表記することとする。これは「プログラムによる計測・制御」の学習が主にプログラム作成を計測・制御システムの構成要素のひとつとして位置づけているためである。

## 2. 計測・制御学習の重要性

### 2.1 社会における情報化の進展

有史以来、人類は最初の生産手段として農耕技術を獲得した後、工場による製品の大量生産、均一化など豊富な物資を入手できる工業技術による工業社会を形成した。その後、電話やテレビなどの電気通信技術、コンピュータなどの情報手段の発展を経て、現在の高度情報通信社会の形成に至っている。ここでいう高度情報通信ネットワーク社会とは、情報化社会あるいは高度情報化社会など、多様な表現で語られることがあるが、その一つとして、2000年に制定された「高度情報通信ネットワーク社会形成基本法」においては、高度情報通信ネットワーク社会を「インターネットその他の高度情報通信ネットワークを通じて自由かつ安全に多様な情報又は知識を世界的規模で入手し、共有し、又は発信することにより、あらゆる分野における創造的かつ活力ある発展が可能となる社会」と定義している<sup>1)</sup>。

このような高度情報通信ネットワーク社会には、様々なメリット、デメリットがある。メリットとしては、情報の入手が容易になり、多様な情報に触れる機会や選択肢が増えたり、様々な形式でのコミュニケーションが図れ、多様な価値観、思想、発想が育ちやすくなったりするなど、多様化とグローバル化が進展することである。一方、デメリットとしては、情報が増えすぎて処理しきれなくなったり、無価値な情報や誤った情報が増え、それらを適切に取舍選択するための能力が必要になったりすることが挙げられる。また、コミュニケーション形態の変化や多様化に伴い、個人情報保護などの情報安全の問題、誹謗中傷などの情報モラルの問題が生起している。そのため、現代の高度情報通信ネットワーク社会においては、人々は大量の情報の中から適切な情報を取舍選択したり、情報の表現やコミュニケーションの効果的な手段としてコンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用したりする能力が求められるようになって

いる。同時に、ネットワーク上の有害情報や悪意のある情報発信など情報化の影の部分への対応も早急に求められており、このような状況の中で、情報や情報手段を適切に活用できる能力がすべての国民に必要とされるようになっていく。

一方、社会や生活におけるコンピュータの活用という観点に立つと、それは情報通信ネットワークのような情報活用とコミュニケーションの手段に限定されているわけではない。例えば、製造業などの生産現場においては、生産プロセス等の管理システム、製造機器等の計測・制御システム、設備・環境システムなどの生産システムの情報化が進展している。家庭生活の場面においても、全自動洗濯機や電気炊飯器など、簡単な操作で利用可能な機器が広く普及している。これらには、コンピュータを用いた計測と制御の技術（以下、計測・制御技術）が用いられている。

### 2.2 コンピュータを用いた計測と制御の技術

日本工業規格<sup>2)</sup>によると計測は「変量の値を確定することを目的に行う一連の操作」と定義されている。同様に、制御とは「システムにおいて、所定の目的に合致するように行う意図的な操作」と定義されている。また、システムは、「所定の目的を達成するために、要素を結合した全体」と定義されている。これらのことから、コンピュータを用いた計測と制御の技術とは、所定の目的を達成するために、要素を結合したシステムにおいて、変量の値を確定し、所定の目的に合致するように行う意図的な操作を、コンピュータを用いて実現する技術と捉えることができる。

このような計測・制御技術における被制御物の制御方法には、大別してシーケンス制御、フィードバック制御、フィードフォワード制御などがある。シーケンス制御は、「あらかじめ定められた順序、前段の動作の実行、ある条件の充足などによってシステムの動作を定めるシーケンスプログラムを実行する制御」と定義される。例えば、自動販売機や交通信号機など、同じような動作が所定の順番通りに実行される制御がこれに該当する。これに対して、フィードバック制御とは、「フィードバックによって制御量を目標値と比較し、それらを一致させるように操作量を生成する制御」と定義される。例えば、エアコンが設定した温度を保つべく、風量や風向、風温などを細かく制御したり、ロボットアームが物体をつかむ時に、物体の位置を常にセンサで検知しながら手先を動かしたりする制御がこれに該当する。しかし、フィードバック制御は、閉ループによるシステムであるため、制御を乱す外的要因（外乱）が突然発生しても、その影響が現れてからでなければ修正が行えない。その欠点を補うものとして、フィードフォワード制御がある。フィードフォワード制御は、「目標値、外乱などの情報に基づいて、

操作量を決定する制御」と定義され、外乱などによるシステムへの影響が現れる前に、あらかじめその影響を極力抑えるように修正動作を行う制御方式である。そのためフィードフォワード制御は、フィードバック制御の欠点を補うために併用される。

### 2.3 社会・生活場面における計測・制御技術の活用

生産システムにおける計測・制御技術の応用例としては、自動化及び知能化された産業用ロボットの活用が挙げられる。特に、産業用ロボットは、従来の人間によって行われていた作業を無人化し、生産工程の自動化を図るファクトリーオートメーション（FA）において、コンピュータ数値制御（CNC）が組み込まれた工作機械、プログラマブルロジックコントローラ（PLC）といった産業用制御システムを用い、他の通信系の情報技術とも連携した自動化が図られている<sup>3)</sup>。このような生産システムと製品開発を支援するCAE（Computer Assisted Engineering）、経営情報システム等の連携・統合によって、フレキシブル生産システム（FMS: Flexible Manufacturing System）の実現が図られている。FMSは、現代の市場が持つ多様なニーズに迅速に対応する多品種変量生産を支える重要な技術体系となっている。

一方、生活場面への応用としては、家事労働を軽減する全自動洗濯機や電気炊飯器、自動掃除ロボット、店舗等の無人化を図る自動販売機やATM、自動券売機や自動清算機といった例が見られる。また、社会インフラの分野では、無駄な運転を省くために光電検知センサを備えたエスカレータ、夜間に自動点灯する街灯、道路交通の信号機や自動車に搭載された衝突を防ぐブリクラッシュセーフティシステム、電力や水道の供給など、計測・制御技術の応用例は数えきれない。このように計測・制御技術によって、様々な機器やシステムの省力・簡便化、省エネルギー化、安全性・安定性向上、労働環境の改善が図られ、社会が円滑に機能することができている。これらのシステムが停止してしまうと、物資の生産が停止したり品質が一定しなくなる、流通が滞ったり移動が円滑にできない、ライフラインが停止するなどの問題が生じる。このように、およそ、現在の社会・生活の中において、高度で複雑な機能を持つ機器や製品、インフラには、少なからずコンピュータを用いた計測・制御の技術が組み込まれ、不可欠な存在となっている。

### 2.4 計測・制御技術について学ぶ必要性

上述したように、コンピュータを用いた計測・制御技術は、現代の社会・生活を支える重要な技術となっている。しかし、その利用者（ユーザ）は、機器や製品、システムを利用する際に、その中に組み込まれている計測・制御技術について意識することはあまりない。これは計測・制御技術が機器や製品、システム等の持つ機能の利用に際して、利用者が煩雑な手続きをふまなくとも利用

できるように自動化することをねらいとしているためである。そのため、自動化された機器や製品、システムを使用するための道具的な知識（つまり、使い方に関する知識）として、広く市民が計測・制御技術について学ぶ必要性はあまりない。（逆に言えば、利用者が使い方を学ぶ必要がないように自動化されている）。しかし、技術リテラシー（Technological Literacy）の観点からはむしろ、「広く社会を支えているにも関わらず、利用者が使い方を意識しなくてもよい技術」についてこそ、学ぶことの重要性は高いと考えられる。

技術リテラシーとは、2000年にITEA（International Technology Education Association、現在はITEEA: International Technology and Engineering Educators Associationに改名）が、そのプロジェクト「Standards for Technological Literacy、以下STL」の開発の中で提唱した概念である<sup>4)</sup>。STLによると技術リテラシーとは、「技術を理解し、活用し、管理・評価する能力」と定義される。STLによると、技術リテラシーを有する人格は、「時とともに発展するさらに洗練された方法で、技術とは何か、どのように技術は創られるのか、そしてどのように技術は社会を形作り、そして逆に社会によって形づくられるのかを理解する」と述べられている。また、STLの序文には、「われわれは、技術にますます依存している。しかし、この依存にかかわらず、社会は、社会を支える技術の歴史と基本的な性質についてほとんど知らない。その結果が、未来の技術を形づくことに結びつく決定に関与しない市民である。民主主義の原理に基づく国においてこれは危険な状況である。」と述べられている。すなわち、社会を支える技術を理解し、それを自らの生活の中で適切に活用するだけでなく、未来にあるべき技術の方向性を見定め、その形成に多様な方法で関与しうる市民性を形成することに技術リテラシー概念の中核が見て取れる。そして、このような技術リテラシーを育成する教育的行為を指して、技術教育（Technology Education）が規定される。

我が国における普通教育としての技術教育は、職業・家庭科を前身として1958年に設置された技術科が唯一、その役割を担っている。その後、2008年告示学習指導要領では、技術科の教科目標の中に「技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる」ことが明記された<sup>5)</sup>。これは前述した技術リテラシーの考え方が、我が国の技術科においても一定の影響を与えたことを示している。したがって、現在の技術科の立場から現代の情報化社会を支える情報技術について取り上げる場合、そこには情報とコミュニケーションの手段としての情報技術と共に、コンピュータによる計測・制御技術を適切に取り上げることが必要となる。

### 3. 計測・制御学習の位置づけと内容

技術科において情報技術に関する学習内容の取扱いがはじまったのは、1989年告示の学習指導要領からである<sup>6)</sup>。これは、初等中等教育の教育課程に情報に関する教育(以下、情報教育)を設置する動向と結びついている。我が国における情報教育は、生徒の「情報活用能力」を育成する教育と定義できる。1989年告示の学習指導要領においては情報活用能力が、①「情報の判断、選択、整理、処理能力及び新たな情報の創造、伝達能力」、②「情報化社会の特質、情報化の社会や人間に対する影響の理解」③「情報の重要性の認識、情報に対する責任感」、④「情報科学の基礎及び情報手段の特徴の理解、基本的な操作能力の習得」と定義され、その育成を図る中核的な教科として中学校の技術科に「情報基礎」領域が新設された<sup>7)</sup>。この時期の「情報基礎」領域の学習内容は、上述した情報活用能力の各要素に対応して構成されているため、計測・制御技術については明示的には取り上げられていない。しかし、関連する内容としては、「コンピュータの基本操作と簡単なプログラムの作成」<sup>8)</sup>の一部として2進法、プログラム言語の種類やOSの仕組み、BASIC言語を用いた簡単な着色図など、応用ソフトウェアの働きなどが挙げられている<sup>9)</sup>。この時期、教育現場では、プログラム作成を学ぶ題材の一つとして、模型自動車をプログラムで制御する実践が試みられている。しかし、それらは計測・制御技術そのものを生徒に理解させることを目的としたものではなかった。

その後、1998年の第15期中央教育審議会「体系的な情報教育の実施に向けて(第1次報告)」によって「情報活用能力」が①「情報活用の実践力」、②「情報の科学的な理解」、③「情報社会に参画する態度」に再定義された<sup>9)</sup>。これは、情報技術そのものの発展が目覚ましく、情報機器の基本的な操作を取り上げる必要性が低減したこと、その一方で情報モラルに関する問題が噴出し、情報化社会の特質を理解することと責任ある情報行動が取れるようになることを情報化社会に参画するための基本的態度の育成へと統合的に昇華させる必要があったためである。このことをうけ、1999年の学習指導要領では、技術科の「情報基礎」領域が、内容B「情報とコンピュータ」へと再編された<sup>10)</sup>。その内容は、「情報基礎」領域と同様に、情報活用能力の3要素と対応して構成されたものの、新たに計測・制御技術に関する内容として「プログラムと計測・制御」が選択履修項目として設定された。具体的には、「ア プログラムの機能を知り、簡単なプログラムの作成ができること。」と「イ 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点が挙げられた<sup>11)</sup>。その後、現在に至るまで、「情報活用能力」の考え方に修正は施されていないものの、2008年の学習指導要領の改訂によって、内容B「情報とコンピュー

タ」が内容D「情報に関する技術」と改められた。その中で、計測・制御技術に関する内容は「プログラムによる計測・制御」と改名され、より計測・制御技術の位置づけを大きなものへとしている。そして、それまで選択履修項目であったものが、今期より必修項目とされた。具体的な指導項目としては、「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、簡単なプログラム作成できること。」となっている<sup>12)</sup>。

このように我が国の技術科では、情報に関する技術がその学習内容に加えられて以降、3回の学習指導要領の改訂を経て、計測・制御技術に関する学習の位置づけは、より重要なものへとシフトしてきている。

## 4. 先行研究の整理

### 4.1 1989年学習指導要領下「情報基礎」領域における計測・制御学習に関する実践研究

「情報基礎」領域における実践研究は、前述した通り、「コンピュータの基本操作と簡単なプログラムの作成」の指導に対する検討とした先行研究が行われてきている。これらの先行研究は大別すると、①プログラミングの学習指導に関する研究、②「電気」・「機械」領域と「情報基礎」領域との融合を目指した計測・制御教材の開発に関する研究に分けられる。

まず、プログラミングの学習指導に関する研究としては、奥西ら(1993)、林ら(1993)、本郷ら(1994)の実践研究が挙げられる<sup>13) 14) 15)</sup>。奥西らは、コンピュータの基本操作及びプログラミングの基礎に重点をおいた授業実践を行っている。その結果、プログラミングにおいては、グラフィックスを中心に扱い、最低押さえておきたい内容については繰り返しコマンドを使用する場面を設定することが有効であることを指摘している。また、林らはプログラミング学習の導入において、生徒が製作可能ないろいろな目的のプログラムに対する興味や関心を明らかにするために、日本語 LOGO で作成した6種類のプログラムを生徒に実行させている。その結果、それ以前の LOGO 以外の言語によるコンピュータの操作経験とプログラム実行に対する関心度とは関係がなく、女子の方が男子より強い興味を示すことを示している。本郷らは、生徒のプログラミングにおける学習支援のために、プログラム作成過程を思考プロトコルとして記録し、実験後に再現するキー入力記録装置を作成している。この装置を技術科のプログラミング教育および小学校算数科の授業で試行した結果、児童・生徒にさほど負担をかけることなく確実にキー入力履歴が取れ、指導者が学習者の状況を把握する一助となりうることを示している。これらの研究ではいずれも、生徒のプログラミング能力の育成に向けた実践ストラテジーが検討されているものの、

その内容は基本的に計測・制御学習とは切り離されたものといえる。

一方、「電気」・「機械」領域と「情報基礎」領域との融合を目指した計測・制御教材の開発に関する研究では、坂日ら（1989）、宮倉ら（1990）、大倉（1991）、村尾ら（1994）の実践研究が挙げられる<sup>16) 17) 18) 19)</sup>。坂日らは、「機械」領域で取り上げる「動く模型の製作」にポケットコンピュータを使用し、模型の動力部であるモータを制御する融合教材を考え試行している。その結果、授業後の感想として、約90%の生徒が楽しいと答え、コンピュータに対する興味・関心が高かったと報告している。宮倉らは、「機械」領域と「情報基礎」領域の両領域にまたがる教材として、コンピュータによって工作機械の模型を制御する仕組みについて教具を開発している。この教具は、コンピュータで切削位置を制御する機能を備え、熱線によって発泡スチロール板を切断するものである。この装置を使用すれば、コンピュータによる制御の仕組みを平易に教示できるだけでなく、製作学習の形態の面を併せ持つ授業を構成することをねらったものである。大倉らは、コンピュータを用いた機械（機構）制御学習の際に用いられるメカトロニクス教具のアクチュエータにステッピングモータを容易に理解させるための一方法として、これらの事柄を視覚的に学習・理解ができる教具の開発と、その教具の特性について考察を行っている。その結果、本教具はステッピングモータの動作原理と特性およびコンピュータによる励磁方法について、視覚的学習を可能にし、また短時間に理解させる上で有効であることを示唆している。村尾らは、「電気」領域の発展教材として、コンピュータ制御モデルを設定するとともに、生徒に電気と生活との結びつきについて認識を深めさせることを意図して授業実践を行なっている。その結果、「情報基礎」領域の学習の動機づけには、コンピュータの役割を直観的に理解でき、生徒自身が教具の操作を通してその働きを体験的に把握できる教材が有効であることを指摘している。

以上のように、1989年学習指導要領下における計測・制御学習に関する実践研究は、「電気」・「機械」領域と「情報基礎」領域の関連性を持たせる観点から行われていたと考えられる。

#### 4.2 1999年学習指導要領下「情報とコンピュータ」における計測・制御学習に関する実践研究

「情報とコンピュータ」における実践研究は、学習指導要領の改訂に伴い設定された「プログラムと計測・制御」の指導に関する検討を中心に先行研究が行われてきている。これらの先行研究は大別すると、①計測・制御学習の教材開発の研究、②計測・制御学習の実践開発に関する研究に分けられる。

まず、計測・制御学習の教材開発の研究としては、大

倉ら（2003）、亀山ら（2003）森ら（2007）の実践研究が挙げられる<sup>20) 21) 22)</sup>。大倉らは、中学校や工業高校などでの実践的・体験的な「ものづくり」学習における制御を含む教材として、磁気ライントレーサの回路開発を行なっている。開発した教材用磁気ライントレーサは、磁気ラインの曲率、磁力の大きさ、センサの配置・個数、走行速度などの諸要素により、設計・製作活動において試行錯誤、創意工夫する機会が多く含まれており、電気・機械・制御を融合した「ものづくり」教材として、実践的・体験的な製作活動を通して、創意工夫を育む問題解決学習が展開できることを目指したものである。亀山らは、8ビット出力のビット単位の制御が可能な、USBインタフェースをもつ制御教具とソフトウェアの開発を行っている。この研究では、中学校技術科の学習指導要領や教科書に記載されているコンピュータ制御学習が幅広く実践可能なことを示唆している。森らは、計測・制御学習の題材としてインテリジェントハウスを取り上げている。この研究では、インテリジェントハウス教材を計測・制御システムのひとつであると生徒に認識させ、センサ、コンピュータおよびプログラムの関係について理解させることを試みている。

一方、計測・制御学習の実践開発に関する研究としては、森（2005）、嶋田ら（2007）、伊藤ら（2007）らの実践研究が挙げられる<sup>23) 24) 25)</sup>。森は、計測・制御学習のための題材としてロボット技術を取り上げ、生徒らにその概要を理解させるとともに、自主的な班活動による学習を行うことで、ロボット、センサ、プログラミングの知識や興味についての理解度と興味・関心に関する教育的効果について検討を行っている。その結果、授業構成および教材がロボット、センサ、プログラミングについて、理解度および興味・関心の向上に有効であることを明らかにしている。嶋田らは、技術科では、自律型ロボット教材は生徒の学習意欲を高めるとともに、プログラム、計測・制御に関する基礎知識を修得するのに適当であると考え、系統的にロボット教材を用いた授業計画や展開、授業方法について検討を行っている。そして、自律型ロボット教材を用いて、27単位時間に及ぶ系統的なプログラムと計測・制御学習に関する授業実践を実施し、授業経過における興味や関心の変容及び学習効果を評価している。その結果、本実践によって、興味・関心を持ってロボット製作とプログラム作成に取り組むことができ、計測・制御の学習において高い学習効果が得られることを報告している。伊藤らは、ハードウェアとソフトウェアの両面からの技術的な理解を深めることをねらいとして計測・制御学習の教材を提案するとともに学習指導計画を示している。計測部分として距離センサを製作するとともにプログラムを作成する学習活動を通じて、壁面と一定の距離を保ちながら移動可能な「ナビゲータ・ロ

ボット」の製作を目標とする授業計画を立案し、授業実践を試みている。

以上のように、1999年学習指導要領下においては、選択履修であったとはいえ、教育課程上に正規に設置された「プログラムと計測・制御」の実践支援の観点から、題材及び教材の開発が積極的に行われると共に、その効果を実践的に評価しようとする試みが展開されはじめた点に特徴が見られる。また、実践開発に関する研究においては、題材名に「ロボット」という用語が用いられるケースが多くなってきた点にも特徴を見出すことができる。

#### 4.3 2008年学習指導要領下「情報に関する技術」における計測・制御学習に関する実践研究

「情報に関する技術」における実践研究は、学習指導要領の改訂に伴い必修化された「プログラムによる計測・制御」の学習指導に関する検討として行われてきている。これらの先行研究は大別すると、①ロボットコンテストに関わる教材開発に関する研究、②生活機器に関わる教材開発に関する研究に分けられる。

ロボットコンテストに関わる教材開発に関する研究としては、伊藤ら(2008)、紅林ら(2009)の実践研究が挙げられる<sup>26)</sup><sup>27)</sup>。伊藤らは、ロボットコンテストに含まれる種目の中で災害救助を模倣したレスキューロボットを新たに情報技術学習の題材とすることを提案している。そして本題材を用いた授業実践により、工夫し創造する手段である計測・制御用プログラム作成の観点からその有効性を示している。紅林らは、3モータ制御が可能な教材用ロボット基板を開発し、ロボット製作の学習とコンピュータ制御の学習が融合できる教材システムを開発している。開発した教材システムは、市販されている部品や材料を利用でき学習者自らが工夫し製作できるようにしたものである。実践による評価の結果として、開発した教材システムは、ロボットコンテストと制御プログラムの学習を融合する授業が可能であることを報告している。これらの先行研究では、ロボットコンテストの実践の中に、計測・制御技術の学習を取り入れることによって、生徒に具体的な学習目標を持たせ、工夫し創造する思考過程の育成を図ろうとしていると考えられる。

一方、生活機器に関わる教材開発に関する研究としては、古平ら(2009)、紅林ら(2009)、井戸坂ら(2011)樋口ら(2011)の実践研究が挙げられる<sup>28)</sup><sup>29)</sup><sup>30)</sup><sup>31)</sup>。古平らは、生活の中に密接に関わっているコンピュータ制御機器の仕組みや技術を理解する学習に適した自律型ロボット教材を用い、授業計画を立案し、授業実践を実施し、学習意欲の向上、知識・理解の習得ができたことを報告している。紅林らは、制御学習の効果を、「エレベータ事故」に関する新聞報道の資料を用いて二つの方法で調査を行っている。その結果、学習経験の有無によって制

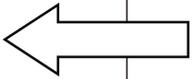
御に関わる事故報道の制御対象の認知に差が生じることが明らかにしている。井戸坂らは、計測・制御の教材に求められる要件を整理し、自律型ロボットを使った授業を通して教育課程のねらいが達成できるかを検証している。その結果、コンピュータを利用した計測・制御の仕組みや情報処理手順を考えたプログラミングが学習できることと、コンピュータや制御機器への興味・関心が高まり、身近にある制御機器の仕組みに関する理解も深まることを示している。樋口らは、走行型ロボット以外の生徒のアイデアに合わせて制御対象を選択することを取り入れた計測・制御学習のモデルを考え、そのモデルを実現できるための教材の開発を試みている。これらの先行研究では、従来の走行ゲーム型の題材から離れ、社会や生活を支える計測・制御技術との関わりを重視した教材開発を行うことによって、計測・制御技術を評価し活用する力の育成を目指したものであると考えられる。

以上のように、技術科における計測・制御学習に関する実践研究は、1989年学習指導要領下に「機械」・「電気」領域の融合教材という視点からその教材・教具開発が始められたが、1998年学習指導要領以降、教育課程上に設置された計測・制御学習の実践支援という観点へと移行していったことが読み取れる。また、1998年学習指導要領以降の題材では、走行型の模型自動車の制御に「ロボット」という名称の冠されるケースが見られるようになったものの、近年では走行型ではない生活機器型の教材開発が試みられるようになってきた点に動向の変化が見られる。これらの動向を表1に整理して示す。

しかし、これまでの先行研究はいずれの時期においても、教材・教具や題材の開発を中心に行われてきている点に大きな変化は見られない。そのため、授業実践の事例が数多く蓄積される反面、それらは開発された教材・教具や題材の評価にとどまっておき、計測・制御学習としての学習効果を客観的に捉える視点は不十分であったと言わざるを得ない。前述したように、技術リテラシーの観点から計測・制御技術を学習内容として取り上げる場合、生徒の計測・制御技術に対する概念形成や見方・考え方など、技術評価・活用力育成の観点から生徒の実態を把握し、効果的に学習指導ストラテジーを構築し、実践を通してその効果を客観的に評価していく必要があると考えられる。そして、このような研究スキームの確立によって、今後の多様な実践開発の成果を実証的に蓄積することができるものと考えられる。しかし、このような技術リテラシーの視点に基づく計測・制御学習の実践研究は筆者の知る限り、十分に行われてきているとは言えないのが現状である。そこで次に、これらの課題に対する研究の展望を整理する。

表 1 計測・制御技術に関する学習指導の位置づけ及び先行研究の整理

告示年	情報活用能力	技術科における計測・制御学習	計測・制御学習の指導項目	履修状況	計測・制御学習に関する関連する実践研究
1989(旧)	①情報の判断、選択、整理、処理能力及び新たな情報の創造、伝達能力 ②情報化社会の特質、情報化の社会や人間に対する影響の理解 ③情報の重要性の認識、情報に対する責任感 ④情報科学の基礎及び情報手段の特性の理解、基本的な操作能力の習得	情報基礎	コンピュータの基本操作と簡単なプログラムの作成		【プログラムミングの学習指導に関する研究】 グアラソックスによる簡単なプログラムの作成を中心とした「情報基礎」の指導：奥西邦彦、松田純孝、富山朝司、結城守利(1993) 日本組(000)による「情報基礎」のためのプログラム実行学習の実践：林秀明、人高盛輝(1993) プログラム作成プロトコルの記録装置とその実行：本郷健(1994) 【電気】、「機械」領域と「情報基礎」領域との融合を目指した計測・制御教材の開発に関する研究】 ボットコンピュータを用いたモータ制御用教材の活用例：坂口喜啓、神見 和孝(1989) 制御モジュールを用いた情報基礎教材の開発：宮倉雅典、津田政明、金沢信利、廣瀬幸雄、村田昭宏(1990) 制御学習のためのストラッピングモータ教員の開発：大倉宏之(1991) 材料加工を題材としたコンピュータ制御教材の開発：村尾卓爾、大内信順(1994)
1999(旧)	①情報活用の実践力 ②情報の科学的な理解 ③情報社会に参画する態度	情報とコンピュータ プログラムと計測・制御	プログラムの機能を知り、簡単なプログラムの作成ができること。 コンピュータを用いて、簡単な計測・制御ができること。	選択	【計測・制御学習の教材開発の研究】 ものづくり学習のための教材用微気圧イントローサの開発：大倉宏之、須見尚文、畑 俊明(2003) [SDイノベーションを備えた制御教材の開発：亀山寛、戸塚雅彦(2003) 融合教材「インテリジェントハウス」を使用したプログラムと計測・制御学習：森真之助・日本透(2007) 「プログラムと計測・制御」のためのロボット学習教材の開発と実践：伊藤陽介・森蒼範・菊池章(2007) など 【計測・制御学習の実践開発に関する研究】 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：森真之助(2005) 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：嶋田彰子・山首相良・針谷安男など
2008(旧)		情報に関する技術 プログラムによる計測・制御	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 情報処理の手順を考え、簡単なプログラム作成できること	必修	【ロボットコンテストに関わる教材開発に関する研究】 ロボットプロジェクト・レスキューを題材とする情報技術学習の提案：伊藤陽介、石塚仁志、大泉計、菊地寛(2008) 自律型「ペーパー制御用ロボット教材の開発：紅林秀治、井上修次、江口 啓、鎌田敏之、青木浩幸、兼宗 進(2009) など 【生活機器に関わる教材開発に関する研究】 自律型ロボット教材を用いた「プログラムによる計測・制御」学習の授業実践に基づく学習効果の検証：古平真一、坂本弘志、針谷安男(2009) プログラム学習における中学生の学習効果：紅林秀治、江口啓、兼宗進(2009) 自律型ロボット教材の評価と授業：井戸坂幸男、久野清、兼宗進(2011) コンピュータによる計測・制御学習のための汎用計測・制御基板の開発：樋口大輔、紅林秀治(2011) など



## 5. 研究課題の展望

### 5.1 計測・制御技術に対する生徒のレディネスを把握する研究課題の展望

一般に、授業設計において、教師は生徒のレディネスを的確に把握することによって、学習内容や学習教材、学習活動や学習展開計画などを構想する。これらを検討するには、授業で設定した主要な学習目標との関連性から適切な分析の着眼点を設定することが重要である。また、学習指導において生徒のレディネスを把握する場合、その不完全さを否定的に捉えるのではなく、レディネスを出発点に生徒の認識過程に即した学習指導を展開し、最終的に教師が形成させたい概念へと変容させることが重要である。計測・制御学習の場合、特に「コンピュータを用いた計測・制御の基本的な仕組み」を理解することが重要な学習目標に位置付けられていること、生徒の身の回りには計測・制御機能を含む家電製品が数多く存在していることから、レディネスとして計測・制御システムに対する生徒の概念形成の状況に着目する必要がある。

ここでいう概念とは、人が事物や現象に何らかの形で含まれている規則性やパターン、共通性を見出し、理解や学習などの認知活動において一定のまとまりとして処理することができるものである。Ausubel によると学習の場面では、生徒は学習内容に関連する既有概念を保持しており、そこに新しい学習事項を関連づけながら、概念を変容させつつ、学習を進めていくと考えられている<sup>32)</sup>。例えば計測・制御学習の場合、炊飯器、洗濯機、自動販売機など、生徒が生活の中にある身近な計測・制御システムを見たり触れたりする経験から、生徒はそれらの事例に含まれる何らかの共通性に着目した既有概念を形成しており、そこにアクチュエータやセンサ、インタフェースなどの新しい学習事項を関連づけながら新しい概念を形成していくものと考えられる。

ところが、計測・制御技術について生徒が保有する既有概念を把握したり、その変容過程に着目したりする学習指導ストラテジーの構築には、現状として至っていない。以上のことから、既に生徒にとって身近に存在する計測・制御技術に対して彼らの持つ既有概念を把握し、生徒のレディネスを類型化して捉える実践研究が、学習指導ストラテジーを構築する前提的な知見として必要であると考えられる。

### 5.2 計測・制御学習における生徒の学習状況を把握する評価手法の確立に関する研究課題の展望

一般に、概念的な理解を中心とする学習指導において生徒の学習状況を把握する方法には、①対象概念の形成度をアチーブメントとして把握する方法、②対象概念を構成する下位概念間の関連性を質的に把握する方法、③対象概念に対する見方・考え方を内観として把握する方

法とが考えられる。

#### (1)概念形成のアチーブメントを把握する方法

対象概念を構成する下位概念の個々の形成度を把握する方法には、アチーブメントテストを用いることができる。しかし、計測・制御学習の場合、この方法で生徒に「センサ」や「アクチュエータ」などの用語の意味を問うテストを実施しても、体系的な知識を有していない学習前の段階では適切な回答を得ることは難しい。また、この方法で得られるデータも各問題に対する正誤情報だけであり、生徒のレディネスを既習事項や生活経験との関わりから捉えるには適していない。

したがって、アチーブメントテストを活用した学習状況の評価は、基本的に学習指導後に実施すべきものとなる。通常、このようなアチーブメントテストは、担当教員が直接指導した生徒を対象に個別的に作成して実施されてきている。しかし、このような総括的评价に利用するアチーブメントテストでは、テスト問題自体を共通化することができず、多様な実践事例や学習指導方法の差異、題材や教材・教具の効果測定には利用することができない。言い換えれば、テスト問題の違いや被験者集団に影響されない効果測定を可能とするアチーブメントテストを開発することが、今後の実践研究には極めて重要であると考えられる。

このことについて国立教育政策研究所は、2009年に技術科の授業に対する生徒の学習状況を把握するため、「特定の課題に関する調査」を実施している<sup>33)</sup>。「情報に関する技術」では「コンピュータの構成と機能について、入力、処理、出力、保存のそれぞれの機能を担う装置を選択させる」などの問題が作成され、技術科における基礎・基本となる知識・技能の実現状況および、基礎・基本となる知識を生活の中で活用する力の実現状況の調査が試みられている。しかし、この調査は基本的に、古典的なテスト理論に基づいた素点と達成率の評価のみが行われているため、テスト問題自体の妥当性の検証は行われておらず、標準化されたアチーブメントテストとしての利用には適していない。

アチーブメントテストの標準化には、テスト理論の一つとして、項目反応理論 (Item Response Theory: 以下、IRT) を用いたテスト開発の手法がある<sup>34)</sup>。IRT は、各問題に対する能力ごとの正解する確率に基づき、評価項目群への応答に基づいて、被験者の特性 (認識能力、物理的能力、技術、知識、態度、人格特徴等) や評価項目の難易度・識別力を測定する方法である<sup>27)</sup>。この IRT を古典的なテスト理論 (素点方式、偏差値方式) と比べると、被験者やテストの依存性にとらわれず、不変的に被験者の能力値とテスト問題の難易度を求められる利点がある。IRT を用いることで、テスト問題の違いや受験する集団の違いに影響されずに教育効果を測定できると考

えられる。

しかし、計測・制御学習における同様の標準化テストの作成はまだ試みられていない。したがって今後は、計測・制御学習における種々の実践形態の学習効果の測定に向け、IRTを用いて標準化したアチーブメントテストの開発が必要であると考えられる。

### (2)概念間の関連性を質的に把握する方法

一方、対象概念を構成する下位概念間の関連性を質的に把握する方法には、Ausubelの認知理論に基づいてNovakが開発した概念地図法を用いることができる<sup>35)</sup>。概念地図法とは、概念間の関係として命題（例えば、「～は～である」）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と関係を表すリンク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成る。概念地図法は生徒が体系的な知識を有していなくても描画することができ、生徒のレディネスを既習事項や生活経験との関わりから捉えるのに適している。また、概念地図の評価には、個々の生徒が描画した概念地図を事例的に検討する分析と、生徒集団の概念地図からノードの使用頻度やリンクの形成度などを集計する量的な分析とを使い分けることができる。概念地図法を用いた先行研究としては、有川がエネルギー変換に関する概念形成の状況と学習プログラムによる変容過程を量的に把握した研究などが見られる<sup>36)</sup>。しかし、計測・制御技術に関する学習において、概念地図法を用いて生徒の既存概念の状況を検討した先行研究は見あたらない。

以上のことから、今後の計測・制御学習の効果測定においても前節で指摘したアチーブメントテストと併用して、質的に生徒の概念を捉える概念地図の導入を考える必要がある。

### (3)技術的な見方・考え方を内観として把握する方法

技術的な見方・考え方は、今期の学習指導要領の改訂により重要視された「技術を適切に評価し活用する能力と態度」を方向づける視点である。そのため、技術リテラシーの考え方に基づく計測・制御学習では、前述したアチーブメントテストや概念地図による知識理解面、概念形成面のみならず、技術的な見方・考え方の形成度を適切に把握する必要がある。

一般に、対象概念に対するある視点からの見方・考え方を内観として把握する方法には、対象概念を刺激とする自由記述による調査やインタビュー、それらに基づいて構成した質問紙など、内観を把握する手法を用いることができる。技術科の実践研究では、例えば、村松らは、ロボット学習を通して形成される生徒の技術観・職業観

を対象に、信頼性、妥当性のある意識尺度を開発している<sup>37)</sup>。また、宇野らは、技術科の製作学習に対する生徒の情意的意識を測定する情意尺度を開発し、その妥当性を検証している<sup>38)</sup>。しかし、これらの尺度はロボット学習や製作学習などを対象としたものであり、計測・制御学習を対象にした尺度として構成されたものではない。また、計測・制御技術に対する生徒の見方・考え方を適切に把握しうる質問紙や測定尺度は、これまでのところ作成されていないのが現状である。

以上のことから、今後の計測・制御学習によって形成される生徒の「技術を適切に評価し活用する能力と態度」を適切に測定するためには、生徒が学習を通して形成する技術的な見方・考え方を内観として把握する測定尺度の作成が急務であると考えられる。

### 5.3 計測・制御技術に対する生徒の技術評価・活用力を育成する学習指導方法に関する研究課題の展望

2008年告示学習指導要領では、基礎的・基本的な内容を確実に身に付けさせ、自ら学び自ら考える力などの「生きる力」をはぐくむことをねらいとしている<sup>39)</sup>。そのため、主体的な体験学習の推進や問題解決能力の育成等に取り組み、身近な生活から課題や題材を設定し実践がなされてきた。その一方で、中央教育審議会審議経過報告書では、「生徒は学んだことを生活に生かすことができない」という指摘もある<sup>40)</sup>。前述したように、現在の技術科の学習指導は、その方向性として「技術を適切に評価・活用できる能力と態度」の育成が重要である。このような観点から、「プログラムと計測・制御」の学習内容の在り方についても、社会や生活に利用されている計測・制御技術が利用されている機器やシステムの基本的な仕組みを理解し、計測・制御技術や計測・制御システムを正しく評価し、これからの社会を構成する計測・制御技術の方向性を検討する態度を育成したり、現存しないが将来にわたって必要とする計測・制御技術を創造する能力を育成したりする必要がある。

前述したように、これまでの計測・制御学習に関する先行研究では、自律走行型ロボットを組み立て、プログラムを作成し制御するという実践が多く見られる。これは、コース等を設定し、迷路抜けやライントレースのような走行ゲームを課題として生徒に与え、制御プログラムを構築させるものである。このタイプの題材は、現実の社会や生活という文脈を持たず、走行ゲームの課題条件に即して論理的に問題解決することが重視されている。しかし、これらの学習では、計測・制御技術との関わりを理解させることは難しく、社会や生活における具体的な問題解決に結びつけることは困難であると思われる。

この課題に対応するためには、古平ら<sup>23)</sup>や井戸坂ら<sup>24)</sup>が取り組んだように、生徒の生活場面にある製品をモデルとし、その製品の現実的な使用状況を踏まえつ

つ、動作を再現する制御プログラムを構築させる生活課題型の題材が考えられる。この題材のタイプは生活課題型ロボットを組み立て、プログラムを作成し制御する実践するものである。そして、現実の社会や生活という文脈を持ち、モデルとなる製品の使用状況を課題条件として、その実用性を踏まえた問題解決に着目させることができると考えられる。しかし、古平らや井戸坂らの研究では、効果測定の方法が個別的であり、題材評価を主としたものであった。そのため、このような生活課題型の題材及び学習指導方法の満たすべき要件や展開の要点は必ずしも明らかとは言えないのが現状である。したがって今後は、技術リテラシー育成の観点から、効果的な計測・制御学習を実践するため、従来の走行ゲーム型の題材から生活課題型への転換を図りうる題材及び学習指導方法のあり方について検討することが重要であると考えられる。

以上のように、今後の計測・制御学習の実践研究においては、①生徒のレディネスを適切に把握し、それに基づく学習支援の方策を検討すること、②アチーブメントテストや概念地図、技術的な見方・考え方を内観として把握する測定尺度の構成など、学習効果測定の方法論を確立する必要のあること、③従来の走行ゲーム型の題材

や学習指導方法の枠組みを超え、生徒が計測・制御技術と自らの生活や社会との関連性を見通しやすい生活課題型の題材及び学習指導方法開発が必要であることの3点が指摘できる。これらの研究課題間の関連性を図1に示す。

### 6. まとめと今後の課題

以上、本稿ではこれまで、社会を支える情報技術の利用形態として計測・制御技術の位置づけが極めて重要であること、技術リテラシーの観点から社会を支える計測・制御技術の基本的概念を技術科の授業で適切に指導することが重要であることを述べた。その上で、技術科の教育課程の史の変遷と実践研究の動向を整理した。その結果、学習指導要領における計測・制御学習の位置づけがますますその重要性を増しているにも関わらず、実践研究の動向では、教材・教具の工夫、題材の開発が中心となり、技術評価・活用力育成の視点からの実践研究は不十分であることを指摘した。この点について本稿では、①計測・制御技術に対する生徒のレディネスを把握する研究の必要性、②計測・制御学習における生徒の学習状況を把握する評価手法を確立する研究の必要性、③計測・制御技術に対する生徒の技術評価・活用力を育成する学

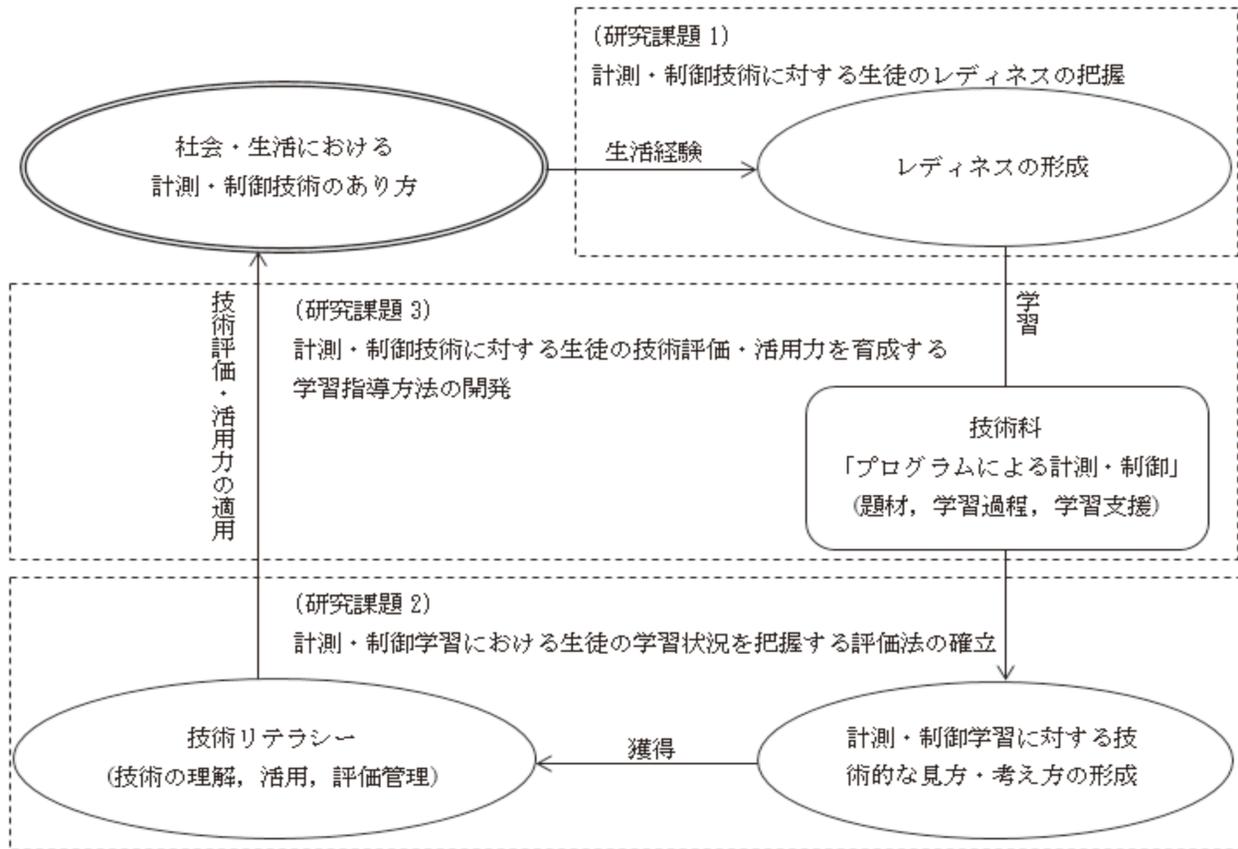


図1 研究課題の関連図

習指導方法の開発研究の必要性を指摘した。

今後は、これらの各研究課題に対応した実践研究を進め、生徒の技術評価・活用力を適切に育成しうる計測・制御学習の指導方法を体系化する必要がある。

## 文献

- 1) 高度情報通信ネットワーク社会形成基本法, <http://www.kantei.go.jp/jp/it/kihonhou/honbun.html>
- 2) 日本工業規格, <http://www.jisc.go.jp/>
- 3) 人見勝人：入門編 生産システム工学, 共立出版 (2011)
- 4) International Technology Education Association: Standards for Technology Literacy – Content for the Study of Technology –, p.10 (2000)
- 5) 文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭編, 教育図書, pp.14-15 (2008)
- 6) 文部省：中学校学習指導要領, 大蔵省印刷局 (1989)
- 7) 情報教育に関する手引き, ぎょうせい (1990)
- 8) 文部省：中学校指導書技術・家庭編, 開隆堂出版株式会社, pp.57-58 (1989)
- 9) 鈴木寿雄他：技術・家庭 上：開隆堂出版株式会社 (1992)
- 10) 文部科学省：中学校学習指導要領, 国立印刷局 (1998)
- 11) 文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭編, 東京書籍, pp.42-45 (1998)
- 12) 前掲5), pp.36-37
- 13) 奥西邦彦, 松田純雄, 富山朝司, 結城守利：グラフィックスによる簡単なプログラムの作成を中心とした「情報基礎」の指導, 日本産業技術教育学会誌, 第35巻, 第1号, pp.39-45 (1993)
- 14) 林秀昭, 八高隆雄：日本語 LOGO による「情報基礎」のためのプログラム実行学習の実践, 日本産業技術教育学会誌, 第35巻, 第1号, pp.57-60 (1993)
- 15) 本郷健：プログラム作成プロトコルの記録装置とその試行, 日本産業技術教育学会誌, 第36巻, 第4号, pp.305-312 (1994)
- 16) 坂日喜啓, 梶見和孝：ポケットコンピュータを用いたモータ制御用教材の活用例, 日本産業技術教育学会, 第31巻, 第4号, pp.261-268 (1989)
- 17) 宮倉禎典, 津田政明, 金沢信利, 廣瀬幸雄, 村田昭治：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, 第32巻, 第4号 pp.263-267 (1990)
- 18) 大倉宏之：制御学習のためのステッピングモータ教具の開発, 日本産業技術教育学会誌, 第33巻, 第2号, pp.127-132 (1991)
- 19) 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)
- 20) 大倉宏之, 須見尚文, 畑俊明：ものづくり学習のための教材用磁気ライトレーサの開発, 日本産業技術教育学会誌, 第45巻, 第2号, pp.83-89 (2003)
- 21) 亀山寛, 戸塚雅彦：USB インタフェースを備えた制御教材の開発, 日本産業技術教育学会誌第45巻, 第3号, pp.135-141 (2003)
- 22) 森慎之助・山本透：融合教材：“インテリジェントハウス”を使用したプログラムと計測・制御学習, 日本産業技術教育学会誌, 第49巻, 第4号, pp.297-305 (2007)
- 23) 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)
- 24) 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)
- 25) 伊藤陽介・森誉範・菊地章：「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)
- 26) 伊藤陽介, 石塚仁志, 大泉計, 菊地章：ロボカップジュニア・レスキューを題材とする情報技術学習の提案, 日本産業技術教育学会誌, 第50巻, 第2号, pp.59-67 (2008)
- 27) 紅林秀治, 井上修次, 江口啓, 鎌田敏之, 青木浩幸, 兼宗進：自律型3モータ制御用ロボット教材の開発, 日本産業技術教育学会誌, 第51巻, 第1号, pp.7-16 (2009)
- 28) 古平真一郎, 坂本弘志, 針谷安男：自律型ロボット教材を用いた「プログラムによる計測・制御」学習の授業実践に基づく学習効果の検証, 日本産業技術教育学会誌, 第51巻, 第4号, pp.285-292 (2009)
- 29) 紅林秀治, 江口啓, 兼宗進：プログラム学習における中学生の学習効果, 日本産業技術教育学会誌, 第51巻, 第4号, pp.301-309 (2009)
- 30) 井戸坂幸男, 久野靖, 兼宗進：自律型ロボット教材の評価と授業, 日本産業技術教育学会誌, 第53巻, 第1号, pp.9-16 (2011)
- 31) 樋口大輔, 紅林秀治：コンピュータによる計測・制御学習のための汎用計測・制御基板の開発, 日本産業技術教育学会誌, 第53巻, 第3号, pp.169-178 (2011)
- 32) Ausubel, D.P.:The Psychology of Meaningful Verbal Learning. New York:Grune and Stratton (1963)
- 33) 国立教育政策研究所：特定の課題に関する調査(技

- 術・家庭) 調査結果 (中学校), pp.55-57 (2009)
- 34) 高橋正規: 項目反応理論入門, イデア出版局 (2002)
- 35) Novak, J.D.: Learning, Creating, and Using Knowledge-Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations, Lawrence Erlbaum Associates Publishers (1998)
- 36) 有川誠: 技術科「機械」領域におけるエネルギー変換概念の学習プログラムの検討, 日本教育工学雑誌, 第22巻, 第3号, pp.179-191 (1998)
- 37) 村松浩幸・杵淵信・渡壁誠 他: ロボット学習を通して形成される生徒の技術観・職業観を把握する意識尺度の開発, 日本産業技術教育学会誌, 第52巻, 第2号, pp.103-110 (2010)
- 38) 宇野哲美・松浦正史・安東茂樹: 中学校技術科の製作学習における生徒の情意的意識に関する尺度構成, 日本産業技術教育学会誌, 第40巻, 第2号 pp.103-110 (1998)
- 39) 文部科学省: 中学校学習指導要領, 東山書房 (2008)
- 40) 中央教育審議会 初等中等教育分科会 教育課程部会: 審議経過報告 (2006)  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/06021401/all.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/06021401/all.pdf)

(2013. 8. 30受稿, 2013. 11. 18受理)