

生活の中に組み込まれた自動制御の仕組みを学習する教員研修の提案

Proposal of Training of Teachers to Learn Mechanism of Automatic Control Incorporated into Life

山本利一*
Toshikazu YAMAMOTO

川崎直哉**
Naoya KAWASAKI

本村猛能***
Takenori MOTOMURA

【要約】 本研究は、中学校技術・家庭科（技術分野）の新学習指導要領「情報に関する技術」（3）プログラムによる計測・制御をより効果的に指導するための教員研修内容の提案である。生活の中に組み込まれた自動化された製品に焦点を当て、それらのメカニズムを考え、動作手順をフローチャートに示し、簡易の模型を製作し、それらを制御するプログラムを制作する取り組みである。研修の結果、プログラムや計測・制御に対する知識と技能が習得され、これらの指導過程について検討することができた。

【キーワード】 技術・家庭（技術分野）、教員研修、計測・制御、プログラム、情報教育

1. 緒言

教育課程の改訂により、中学校においては新学習指導要領が平成24年度から完全実施された¹⁾。中学校技術・家庭科の「情報に関する技術」では、“情報に関する基礎的・基本的な知識および技術を習得させるとともに、情報に関する技術が社会や環境に果たす役割と影響について理解を深め、それらを適切に評価し活用する能力と態度を育成する”ことをねらいとしている²⁾。その中で「(3)プログラムによる計測・制御」は、新学習指導要領で新たに必修化された内容で、“コンピュータを用いた計測・制御の基本的な仕組みを知り、簡単なプログラムの作成ができるようにするとともに、情報処理の手順を工夫する能力を育成する”ことを目指している。

生徒には、具体的な教材を活用しながら、プログラム学習の中でアルゴリズムの考え方を学ばせる必要がある。生徒自ら課題を設定し、試行錯誤と見直しを持ちながら、課題解決に取り組むための学習題材や、指導過程の開発は急務であり、これらを指導する教員の指導力の向上が求められている³⁾。

これまでのプログラムによる計測・制御のカリキュラム研究および教育実践を調べてみると、PICマイコンを活用した自動制御ロボットの製作とプログラム学習^{4), 5)}、自律型ロボットを活用したプログラム学習^{6), 7)}、タッチセンサや光センサを活用したフィードバック制御学習^{8), 9)}などが報告されている。これらの教育実践で活用する制御の対象物は、2つのモータを走行部とする車型のロボットをプログラムで制御する取り組みである。これらの

実践は、プログラムを作成し、それらを自律型ロボットの動作を通してプログラムを確認・修正することができるなど、様々な教育効果が報告されている^{10), 11)}。

また、都道府県の教員研修内容を調べてみると、上記のことは受け、ロボットを活用した計測・制御を研修課題として取り組んでいることが一般的である¹²⁾。主な内容は、ロボットに取り付けられたセンサが外部情報を受け取り、その入力結果に基づくフィードバック制御についてを研修する機会が多い。

しかし、これらの実践では、自律型ロボットを通して学習した内容を、生活の中に生かされている自動制御などの技術と関連させ、学習を深める必要があることが指摘されている¹³⁾。つまり、中学生はロボットの制御を題材として学習するために、それらの制御技術やプログラミンについては理解できるが、生活の中で利用されている自動制御についてまで理解するためには、教師が指導を工夫する必要があることを意味している。そこで、本研究では、学習する対象を生活の中に利用されている自動制御の技術自体に着目し、それらの仕組みを指導するために必要な知識と技能を身につける教員研修の内容を提案するものである。

2. 研修内容の提案

(1) 研修期日および対象

教員研修は、2012年6月に都内で実施した。対象は、中学校もしくは高等学校で情報教育を担当する教員等52

* 埼玉大学教育学部

** 上越教育大学

*** 群馬大学教育学部

名を対象とした。

(2) 研修環境

研修環境は、2名1グループに対してパーソナルコンピュータ1台、制御用教材としてレゴマインドストームNXTを準備した。

(3) 研修の目的

教員研修の目的は、プログラムによる計測・制御の基本的な知識と技能を習得し、その研修内容をもとに授業での具体的な指導過程を検討することとした。研修課題は、「生活の中に組み込まれた自動化された製品を通して、プログラムによる計測・制御の指導を検討しよう」と設定した。

(4) 研修内容

①レディネスの確認(事前調査)

事前調査として、ロボットやプログラミングに関する興味・関心や経験・知識の確認を行う。また、既に実践経験のある教員2名から、具体的な実践事例を提案してもらう。

②生活の中で利用されている自動化の技術の確認

生活の中で、コンピュータによる自動制御された製品を見つけ出し、ワークシートに記入する。

③センサの役割(入力)とアクチュエータ(出力)を確認
自分が見つけた自動制御された製品を1つ選択し、どのようなセンサが利用されているのか、そのセンサの結果によってどこがどのように制御される(動作する)のかをワークシートにまとめる。

エアコンを事例に、センサ(入力)→マイコン(制御)→モータ・ヒータ・コンプレッサなど(出力)の流れを確認する。

④自動制御された製品を1つ選択し、そのアルゴリズムをフローチャートに表現

③で書き出した自動制御された製品の動作の流れを、フローチャートで書き表す。その際、フローチャートの基本的な記号として、端子、準備、処理、判断、ループ端、入出力、流れ線の意味と役割の事例を示して確認する。研修で利用したタッチセンサを活用したリモコンのフローチャート(タッチセンサを押すと右前進、離すと左前進)の資料の一部を図1に示す。

⑤制御用ソフトウェアの基本的な操作方法の学習

制御用ソフトウェアとして、LEGOマインドストームNXT Ver.2.1の基本コマンドを学習する。基本操作として、プログラミングパレットの選択、シーケンスビームの接続、設定パネルのパラメータの指定、データの転送とプログラムの実行方法などである。

また、基本コマンドとしては、移動ブロック、センサブロック、ループブロックの3種類のみを指導とした。基本コマンドの指導内容を厳選したのは、これら以外の

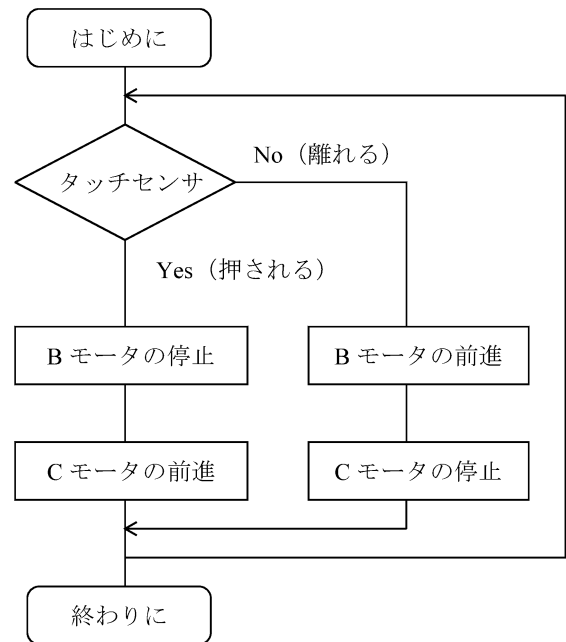


図1 タッチセンサを利用したフローチャートの一例

コマンドも、研修した基本コマンドと操作方法が等しいので、指導しなくても利用できるものである。これらにより、ソフトウェア操作に関する研修時間は、約10分間と、他の制御ソフトウェアと比較して大幅な短縮が可能である。

⑥フィードバック制御のデータの流れを学習

プログラム学習では、順次、分岐、反復の学習が必要であるが、ここでは、センサからの入力に対する分岐方法を学習する。規定値に対する測定結果が大きい場合とそうで無い場合の条件分岐を2種類のセンサを用いてプログラミングする。

⑦ブロックで自動化された製品の模型製作

NXTインテリジェントブロックを、模型の中に埋め込むことができないものは、外部に設置するように指導した。このことにより、模型製作の幅が広がり、大小様々な模型が完成された。

また、動力伝達については、補助シートに複数の作成事例(歯車、ベルト車、リンクなど)を示すなどして、製作時間の短縮に努めた。

⑧自動化された製品のプログラム作成

プログラム作成の手順は、まず、センサの入力結果がどのような値となるかを確認するため、測定プログラムを作り、実験を行い規定値を確認する。その規定値に応じた動きとして、本研修では主としてアクチュエータにモータを活用し、その動作を設定した。その後、それらを組み合わせたプログラムを制作した。

⑨模型とプログラムを修正

実際に、制作したプログラムをNXTインテリジェントブロックに転送し、動作を確認する。正しく動作をしない場合には、まず、プログラムを修正し、それでも正しく動作しない場合は、模型本体を改良するように指導し

た。実際の製品を改良する場合、ハードウェアの修正はソフトウェアほど簡単にできないことも、補説した。
 ⑩研修の中で作られた模型とプログラムの特徴を確認し情報の共有化を図る

できあがった作品の中で、特徴的な作品を3点ほど抽出し、全体に披露した。その際、設計や製作の着眼点、プログラム制作で苦勞したことを発表した。また、研修に参加した教員から、それらの作品に対する意見を徴収した。

研修で教員が製作した作品の一例として図2にエスカレータの模型の外観、図3にそれらを制御するプログラムの一例、図4に自動ドアの模型の外観、図5にそれらを制御するプログラムの一例を示す。

⑪実践事例をもとにした自校での指導計画の検討

生活の中に組み込まれた自動化について模型を活用した授業実践の事例を確認した。基本的なソフトウェアの使い方は、短時間で学習可能であるが、模型の製作はグループで実践する場合、意見がまとまらないケースがあることなど、指導上の留意点の説明を行った。また、教材の準備や管理方法なども今後検討すべき事柄であるこ

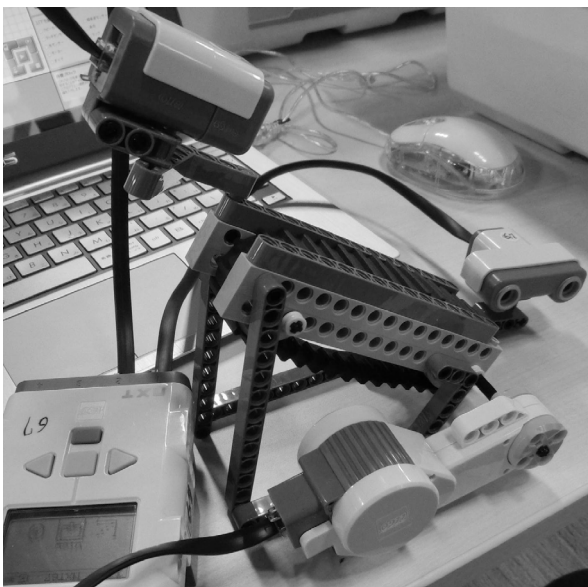
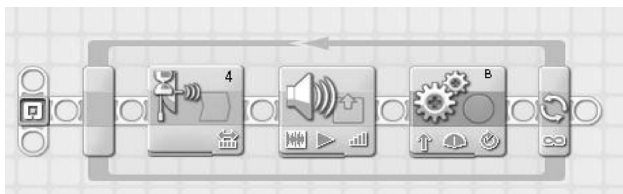


図2 研修で製作した作品例：ウルトラソニックと光センサーを用いたエスカレータの概観



- ①ウルトラソニックを用いて、人が接近することを確認し、それまで待機させる。
- ②人が近づいたら音を出して、モータを回転させる。
- ③モータを一定時間回転させる。

図3 エスカレータのプログラムの一例

とを指導した。

⑫事後評価の実施

質問紙(アンケート)を用いて、知識の定着の確認を行う。

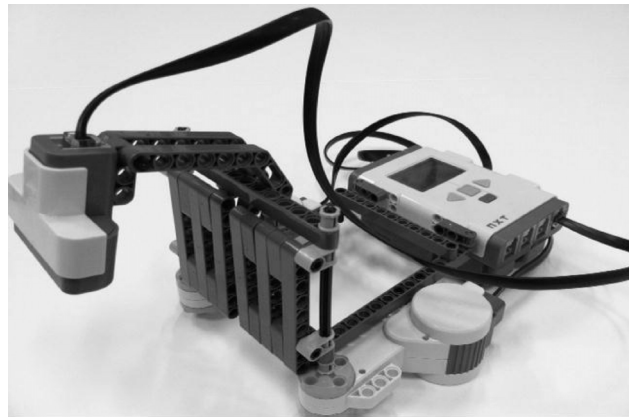
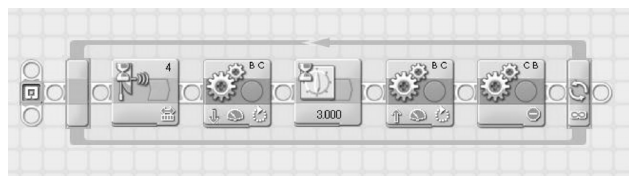


図4 研修で製作した作品例：ウルトラソニックを用いた自動ドアの概観



- ①ウルトラソニックが人が近づいたことを確認するまで待つ。
- ②人が近づいたらB、Cのモータが一定時間回転し、扉が開く。
- ③開いた状態で一定時間待つ。
- ④B、Cのモータが一定時間回転し、扉が閉じる。
- ⑤B、Cのモータが停止する。

図5 自動ドアのプログラムの一例

(5) 調査の手続き

本研修の教育効果を確認するために、研修前と、研修後に質問紙を使って調査を実施した。

(6) 調査項目

調査は、表1に示す質問紙を用いて実施した。事前調査は、問1として、プログラムや計測・制御に対する興味・関心の程度、問2として、ブロックなどを活用したロボット製作に関する興味・関心の程度、問3として、プログラムの制作の経験の有無、問4として、授業での指導経験の有無、問5として、現在授業で利用している教材の種類についてたずね、研修前の被験者のレジユネスを把握した。

研修終了後に実施した事後調査は、問6として、プログラムに関する理解の程度、問7として、生活の中で利用されている自動制御についての理解の程度、問8として、学校で利用したいと考える教材の種類と準備方法、問9として、具体的な指導時間、問10として、本研修の感想をたずねた。程度をたずねる問に対しては、5件法

で回答を求め、A→5点、B→4点、C→3点、D→2点、E→1点と得点化し、平均と標準偏差を求めた。その他については自由記述とした。

表1 調査用紙

<p>【事前調査】</p> <p>問 下記の質問に対して、先生の気持ちと一番近いものに○をつけてください。</p> <p>1. プログラムや計測・制御に興味・関心がありますか A. ある, B. どちらかと言えばある, C. どちらとも言えない, D. どちらかと言えない, E. ない</p> <p>2. ブロックなどを活用してロボット等を作ることに興味・関心がありますか A. ある, B. どちらかと言えばある, C. どちらとも言えない, D. どちらかと言えない, E. ない</p> <p>3. プログラムを作ったことがありますか A. ある, B. どちらかと言えばある, C. どちらとも言えない, D. どちらかと言えない, E. ない</p> <p>4. 学校(授業)でプログラムや計測・制御を指導したことがありますか? A. ある, B. どちらとも言えない, C. ない</p> <p>5. 指導したことがある方は、どのような教材を利用していますか? 活用教材名 ()</p> <p>【事後調査】</p> <p>問 下記の質問に対して、先生の気持ちと一番近いものに○をつけてください。また、ご感想、ご意見をお書きください。</p> <p>6. 今回の研修内容でプログラムについて理解できましたか A. はい, B. どちらかと言えばはい, C. どちらとも言えない, D. どちらかと言えいいえ, E. いいえ</p> <p>7. 今回のワークショップ内容で生活の中で利用されている自動制御について理解できましたか A. はい, B. どちらかと言えばはい, C. どちらとも言えない, D. どちらかと言えいいえ, E. いいえ</p> <p>8. プログラムによる計測制御をどのような教材を利用したいと思いますか? A. 個人持ち教材 () B. 学校で準備する教材 () C. それ以外の教材</p> <p>9. この内容をどの程度の時間で指導する予定ですか? 学習時間: 1~3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16時間 それ以上</p> <p>10. 今回の研修内容についてご意見ご感想をお書き下さい。 (自由記述)</p>	
--	--

3. 研修結果

(1) 事前調査の結果

研修前後に取ったアンケート結果を表2に示す。問1のプログラムや計測・制御の興味・関心(4.81)および、問2のロボット製作に関する興味・関心(4.69)については、研修の形態が希望者を募った研修であるため高い値を示した。また、問3のプログラムの制作経験については、44名(85%)の教師がプログラムの作成経験を有しており、初学者に対する研修では無いことが示された。しかし、問4のプログラムや計測・制御の指導経験については、18名(35%)と低いものであった。このことから、本研修に参加した教員は、ロボットやプログラムに興味・関心を持ち合わせており、既にプログラムを作成した経験を有しているが、まだ学校でそれらを指導していない実態が示された。

次に問5の利用している教材は、個人が購入するロボット教材が48%と最も多く、その理由は、安価で導入しやすいことと、これらを学校で予算化できないことが大きな理由であることが示された。

表2 調査結果

【事前調査】		平均	S. D.
1. プログラムや計測・制御の興味・関心		4.81	0.40
2. ロボット製作に関する興味・関心		4.69	0.51
3. プログラムの制作経験		44名 (85%)	
4. プログラムや計測・制御の指導経験者		20名 (38%)	
5. 利用している教材			
A. 個人持ち教材	(48% 市販教材など)		
B. 学校で準備する教材	(32% NXT など)		
C. それ以外の教材	(30% 自作教材など)		
【事後調査】			
6. プログラム制作の理解		4.65	0.55
7. 自動制御の理解		4.73	0.56
8. 活用したい教材について			
A. 個人持ち教材	(8% プロボ`・ビュートレーサなど)		
B. 学校で準備する教材	(80% NXT など)		
C. それ以外の教材	(12% 教師自作教材など)		
9. 予定指導時間			
2~ 5時間	28%		
6~ 7時間	7%		
8~ 9時間	41%		
10~11時間	6%		
12~20時間	18%		

(2) 事後調査の結果

問6のプログラム制作の理解は(4.65)、問7の自動制御の理解は(4.73)と、高い値を示した。これらは、今回活用した教材と、制御用ソフトウェアが比較的短時間で学習できるものであったことと、これまでの教員の持つ学習経験をもとに、新しい課題で研修ができたためであると推察される。これまでは、決まったハードウェア(自律型ロボットなど)に対して、プログラムを作成する学習であったが、本研修では、実際に自動化された製品の模型を製作し、それらに応じたプログラムを作成する指導過程が適切であったと思われる。

今後活用したい教材は、多くの教師が、学校備品として準備し、利用することを望んでいる。この結果は、山本ら(2012)¹²⁾が2009～2010年に調査した結果と比較して、学校備品を希望する割合が大きく増加している。このことは、プログラムによる計測・制御に関する研修が進み、教員が教材に関して適切な情報を持つようになったことと、これらで活用する教材を生徒が購入した場合、家庭にそれらを持ち帰った時、適切な活用方法が見当たらないことが要因であると推察される。

プログラムによる計測・制御の配時予定は、5時間以下が28%、8時間前後は45%、12時間以上が18%と大きく3つに分類できる。教師の題材観により、指導に幅があり、学習内容が大きく変化する学習内容であることも明らかとなった。

研修全体を通しての感想は、「これまでのロボット制御とは異なり、生活に密接した題材ですぐに利用できる」、「比較的短時間で自動化の技術の学習が可能な教材である」、「製品の入力→判断→出力の流れをフローチャートで書き表すことで、製品の動作、アルゴリズム、プログラミングの指導が容易になることが分かった」など教材の適切さを指摘する意見や、「生徒の発想を生かせる」、「創意工夫する場面が設定できる」など、生徒の興味・関心を生かす授業展開を評価する意見を多く徴収することができた。

その反面、「教材費が高価である」、「教材の管理が大変である」など、価格や管理上の問題を指摘する意見も見られた。これらについては、今後検討する必要がある課題である。

4. 結言

本研究は前述の内容で、教員研修を行いその教育効果を確認した。基本的な知識と技能の習得後、生活の中で利用されている自動化の技術に着眼し、それらの模型を作成し、プログラミングにより動作を再現することで、入力・処理・実行という、情報の流れを体験的に確認することができた。本研修で得られた知見を下記にまとめる。

①本研修では、単なるプログラムの作成技術の指導だけでは無く、生活に関連する製品に着眼し、それらの模型

製作を取り入れて、プログラムによる計測・制御の研修内容を提案した。

②自動化された製品の入力→判断→出力の流れをフローチャートで書き表すことで、製品の動作、アルゴリズム、プログラミングなど、自動化の流れを適切に学習できることが示された。

③教員は、プログラムによる計測・制御を学習する場合、学校備品の教材を利用したいと考える割合が80%と高いことが示された。この傾向は、3年前の調査と比較して高くなっている。

④これらの授業に配時する時間数においては、6時間以下で授業をする場合と、8時間程度配時する場合、12時間以上配時する3つの意見が多く出された。

⑤教員研修では、知識・技能の習得に止まらず、それらを実際の授業でどのように活用するかについてまで研修することが求められている。これは、自分の学校の環境に応じた取り入れ方を検討し、具体的なビジョンを設定するまでを研修することが必要であることを示している。

⑥今後これらの授業をよりスムーズに実施するためには、教材の準備など経済的な課題も明らかとなり、行政を巻き込んだ取り組みが必要であることが示唆された。

以上の結果より、身近な自動化された製品の製作を取り入れた教員研修を実施した結果、プログラムによる計測・制御の具体的な指導計画を作成することができ、自校の学習環境に応じた指導方法を見つけることができたと考えられる。今後は、より多くの研修を通して、指導内容の改善を検討したい。これらは今後の課題とする。

なお、本研究は、レゴエディケーション日本代表 須藤みゆき氏、株式会社アフレル代表取締役 小林靖英氏から資材などのご協力を得ました。心より感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領(平成20年3月)総則編，東洋館（2008）
- 2) 文部科学省：中学校学習指導要領(平成20年3月)解説技術・家庭編，教育図書（2008）
- 3) 赤羽根 岳・山本利一・竹内和也・星野孝仁：LEGO MINDSTORMS™ を活用した教員研修の提案ープログラムによる計測・制御における研修内容ー，第3回科学技術におけるロボット教育シンポジウム論文集，WRO-J実行委員会，pp.44-48（2010）
- 4) 西 正明・北山遼太：中学校・技術科におけるPIC搭載センサー教材の一検討，信州大学教育学部紀要，No.121，pp.9-17（2008）
- 5) 山本利一・星野孝仁・杵淵 信・川崎直也：PICマイコンを活用した情報に関する技術の授業実践，埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要，No.10，pp.83-90（2011）
- 6) 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, Vol. 51, No. 4, pp. 285-292 (2009)
- 7) 紅林秀治・井上修次・江口啓, 他: 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, Vol. 51, No. 1, pp. 7-16 (2009)
- 8) 山本利一・林 俊郎・小林靖英・牧野亮哉: ROBOLAB™を活用したプログラム学習のカリキュラム開発(1), 技術科教育の研究, 第8巻, 第1号, pp. 1-6 (2002)
- 9) 古市裕太・魚住明生: 計測・制御技術の発展過程に視点をあてた学習過程の構築, 三重大学教育学部研究紀要, No. 63, pp. 119-129 (2012)
- 10) 針谷安男・飯塚真弘・山菅和良: プログラムによる計測・制御学習の授業実践とその学習効果の検証, 日本産業技術教育学会誌, Vol. 52, No. 3, pp. 205-214 (2010)
- 11) 紅林秀治・青木浩幸・室伏春樹: 自律型3モータ制御ロボット教材を用いた授業による学習効果の検討, 日本産業技術教育学会誌, Vol. 51, No. 3, pp.
- 12) 山本利一・本村猛能: 新学習指導要領に対応する教員研修内容の提案 —プログラムによる計測・制御に焦点を当てて—, 埼玉大学紀要教育学部, Vol. 61, No. 1, pp. 131-138 (2012)
- 13) 山本利一・齋藤雅弘: プログラミングによる計測・制御を学習する指導過程の提案 自動制御模型の製作とプログラムによる制御学習, 教育情報研究, 第27巻, 第1号, pp. 25-32 (2011)