

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 15 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22500843

研究課題名(和文) 中学校技術科における計測制御を核にしたカリキュラムと総合ものづくり教材の開発

研究課題名(英文) Development of curriculum and teaching materials of technology education for teaching measurement and control through programming in junior high school

研究代表者

三田 純義(MITA, SUMIYOSHI)

群馬大学・教育学部・教授

研究者番号：50280350

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：プログラミングによる計測制御を核にした中学校の技術家庭[技術分野]の指導計画と授業を実施するための教材を開発した。生徒がプログラミングを学ぶ制御対象として自動車モデルとLED照明モデルを開発し、また、教員が学習指導で活用する生活や産業で使われている機器や機械のモデルを開発した。これらの教材を使い、できあがった制御対象を制御するプログラムを作成するだけでなく、生徒自身が製作したものをコンピュータによって制御するというように、物作りとプログラミングを融合した授業を実践した。その結果、生徒は現代の自動化技術に興味を持って取り組み、基礎力も向上した。

研究成果の概要(英文)：We developed the curriculum and teaching materials of technology education for teaching measurement and control through programming in junior high school. The teaching program was integrated 'Energy Conversion', 'Manufacturing' and 'Information'. Two kinds of teaching materials were developed from the viewpoint of using them. One teaching materials were a car model and a LED light model that students used as a control object when they learned programming. The other was the models of domestic appliances and industrial machines that teachers used as teaching materials when they taught measurement and control through programming. Students learned not only programming for controlling the completed control objects but also programming for controlling the objects made by them. Results of practice using the developed teaching program and materials clarified that students were interested in measurement and control through programming and mastered basic ability.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：技術教育 プログラム 計測制御 カリキュラム開発 教材開発

### 1. 研究開始当初の背景

電子技術や情報技術の進歩により、計測・制御技術はものづくりの中核となる技術である。平成 24 年度から全面実施される中学校の新学習指導要領の技術・家庭科 [技術分野] の学習指導において、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 情報に関する技術の 4 つの内容がすべて必修となる。しかし、授業時数は変わらず、技術分野の指導内容と指導方法を抜本的に見直す必要がある。

4 つの内容に均等に時間を配分して学習指導したのでは、実習などの体験を通じて学習指導することは難しい。このようなことから、個々の学習内容を分析し、いくつかの領域を複合した学習内容を考慮した中学校三年間の技術教育の題材を含めて指導計画を編成する必要がある。

現在、生活や産業で使われている機械・器具には、コンピュータを含んだ計測制御技術が組み込まれ、我々は単純なボタン操作で便利で快適な生活を送ることができる。その代表として象徴されるのがロボットである。

技術分野の学習指導では、ものづくりやメカニズム、情報技術を複合した題材として、ロボットを取り入れ、実践も多く報告されている。ロボットを題材として取り入れた研究には、教材用ロボットの開発、小中学生が容易にプログラミングできるソフトウェアの開発、プログラミングの学習効果、指導計画やカリキュラムの開発、ロボット教材導入による教育効果、こどもの意識や行動の変容などがある。

コンピュータを含んだ計測制御技術はロボットに限らず幅広い分野で活用されている。しかし、現代の技術の中核となる技術である計測制御技術を中学校の技術教育のカリキュラムに対する位置づける研究は少ない。また、教材としてマイクロコンピュータを搭載し、センサを駆使して自動走行する自動車モデル以外の教材は少ないのが現状である。

### 2. 研究の目的

計測制御を核にして、4 つの内容を構造化し、編成された指導計画 (カリキュラムとする) を開発するとともに、それにもとづいて学校現場で授業を実施するための総合的なものづくり題材 (生徒が取り組むプログラミングやものづくりの教材を「題材」とする) と教材 (教員が演示する教材を「教材」とする) を開発することをねらいとする。

開発した技術教育のカリキュラムと、その実践に欠かせない学校現場で活用できる題材と教材を開発し、それによる生徒の学習効果を検証する。

### 3. 研究の方法

大学において中学校で活用できる技術教育に関する題材と教材、カリキュラムに関す

る調査研究をもとに、中学校の教育現場と討議を繰り返し、つぎの方法について取り組む。  
方法 : 技術教育に関するものづくりの題材と教材、カリキュラムの調査

技術教育のカリキュラムについては、都道府県の教育センターが Web 上に公開している。また、検定教科書の出版社でもモデルの指導計画を Web に掲載している。これらの情報をもとに、カリキュラムとものづくりの題材・教材について調査する。

方法 : ものづくりの題材と教材の開発

カリキュラムと合わせて題材と教材について、教育センターの情報とともに、教材会社の教材、学会の論文や資料を調査し、指導のねらいと指導計画に即した題材と教材を開発する。大学で開発した題材と教材は、大学が主催する中学生を対象にしたロボット教室で活用し、アンケートによって教材の難易度、興味について調査し、また、学校現場の教員から意見を聴取し、改善する。

方法 : 中学校における実践

調査結果にもとづいて作成したカリキュラムと題材・教材を活用して、中学校において実践する。これらの結果は、四観点評価にもとづいて作成した質問紙による事前と事後の調査、基礎力に関する評価テストにより評価する。

方法 : 教員による評価

教育センターと市町村の教育委員会と連携し、教員研修の際に、カリキュラムと題材・教材について教員から意見を聴取する。教員研修での教育現場の実情やニーズをもとに、カリキュラムと教材を開発し、それを使って授業実践しながら検証して研究を進める。

### 4. 研究成果

研究のねらいと方法にもとづいて取り組み、カリキュラムを編成し、ものづくりの題材と教材を開発し、実践した。その結果、つぎのことが成果として得られた。

#### (1) 技術教育に関する指導計画

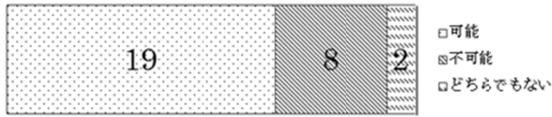
カリキュラムの調査結果から、中学校現場では、三年間の 87.5 時間の授業時間 (30 - 30 - 17.5 時間) に 4 つの技術教育の内容を独立に編成していることがわかった。

4 つの指導内容のうちいくつかの内容を融合した授業の実践例は、学会の研究論文としてはあるが、学校現場での実践は少ない。

方法 の教員研修において、三年間の技術教育のカリキュラムについて意見を聴取したところ、1 年生では情報の基礎と木材を主とした材料と加工、2 年生では栽培と市販教材を活用しエネルギー変換、3 年生ではプログラムによる計測制御とマルチメディア作品などを指導していることがわかった。

また、「プログラムによる計測制御」の指導内容は「プログラミング」と「計測システムの構成・ハードウェア」から構成されていることから、「エネルギー変換」の機械と電

気の学習と融合し、制御対象を製作し、プログラムを作成して制御することが適切であり、図に示すように教員（回答者数 29 名）の 6 割はエネルギー変換とプログラムによる計測制御を融合することが可能であると回答した。

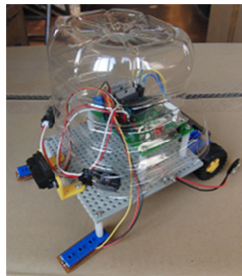


## (2) ものづくりの題材と教材の開発

これまでにマイクロコンピュータを用いたコントローラづくりとそのプログラミング（情報）、ライントレースカー作り（ものづくり・エネルギー変換）、自動水やり機と栽培（ものづくり・エネルギー変換・生物育成）に関する教材開発し、実践してきた。学校現場の教員と討議し、これらの教材と新たな教材のアイデア等を提案し、大学が主体となって、つぎの教材を開発した。

### a) 生徒が取り組む題材

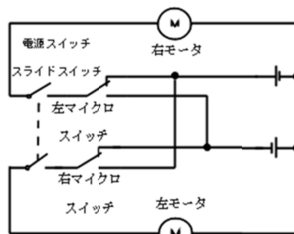
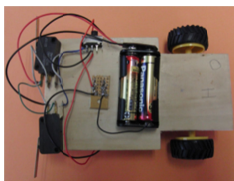
生徒がプログラムを作成して取り組む題材として、自動車モデルを開発した。自動車モデルは後輪を 2 台のモータとギヤボックスで駆動し、前輪にはキャスター 1 個がある。これらをベースのプラスチック板に固定し、それにペットボトルを半分に切ったものを車体のカバーとして取り付け付けた。この車体に、センサとしてフォトリフレクタ 2 個（前部の左右の下部）、マイクロスイッチ 2 個（カバーの前部の左右に両面テープで固定する）、正面に距離センサ 1 個の計 5 個を取り付けてある。



自動車モデルのコントローラには RobX のコントローラ BoboBrain を使い、プログラム作成には BoboBuilder を使った。

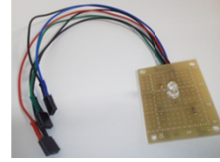
この自動車モデルをベースとして、ペットボトルのカバーを取り付けずに、クランク機構などのメカニズムを組み込むこともできる。

また、コンピュータを搭載したコントローラの役割とソフトウェアによる制御の利点を生徒に考えさせるため、マイクロスイッチ 2 個を搭載し、電気回路による自動車モデルを開発した。



さらに、制御対象として、フルカラー LED の制御を題材として開発した。コントロー

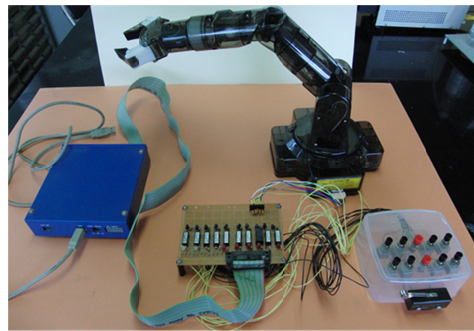
ラ RoboBrain のモータを制御する信号は PWM であり、これを利用して、モータの代わり LED の赤（R）、緑（G）、青（B）を接続し、センサと組み合わせて LED の点灯制御ができる教材を開発した。



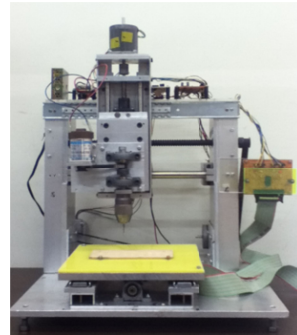
### b) 教員が演示する教材

「プログラムによる計測制御」の授業の導入時の学習指導において活用できる教材があまりないので、検定教科書に掲載され、身の回りの自動化技術が使われている機器や装置として、つぎの教材を開発した。

自動ドアモデル、自動洗濯機モデル  
LED 照明装置、室温制御モデル  
ロボットアーム、自動ポンプ水やり機  
卓上 NC 文字彫刻機

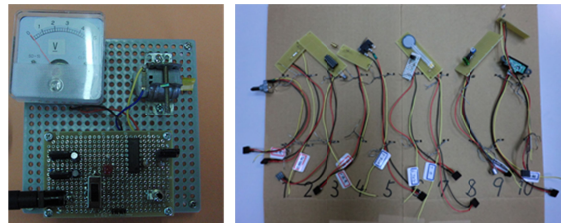


[ ロボットアーム（パソコンによるティーチングプレイバック制御） ]



[ 卓上 NC 文字彫刻機 ]

さらに、計測制御の構成要素の 1 つであるセンサに関する教材を開発した。この教材は、教員が演示実験でき、かつ、生徒自らが実験してセンサの動作を確認できる教材である。



角度センサ、磁気センサ、温度センサ  
傾斜センサ、タッチセンサ  
フォトリフレクタ、圧力センサ、音センサ  
距離センサ、光センサ

[ センサ教材 ]

(3) 作成した指導計画と開発した教材による授業実践

a) 自動車モデル教材による授業時数

開発した自動車モデル教材を使った「プログラムによる計測制御」の授業時数は、ロボット教室における試行や学校現場による授業実践から 10～12 時間の授業時数が必要であることがわかった。

b) 制御対象を製作することを取り入れることの検討

開発した教材を活用して、制御対象の製作を取り入れることによる効果を検証するため、中学 1・2・3 年生を対象に、指導計画を工夫し、つぎの授業実践をした。

実践：教員が開発した「エネルギー変換」と「プログラムによる計測制御」に関する教材を用い、中学 1・2 年生を対象に授業を実施した。生徒は与えられた課題に取り組み、授業時数 6 時間で実施した。

実践：中学 2 年生を対象にした「エネルギー変換」の授業において、生徒はリモコンカーを製作した。それを活用して、「プログラムと計測制御」の授業で、生徒は自らが作ったリモコンカーに、マイクロコンピュータを組み込んだコントローラを搭載し、リモコンカーを自走させる授業を実施した。「プログラムによる計測制御」の授業時数は 12 時間とした。

実践：中学 3 年生を対象に、マイクロコンピュータを組み込んだコントローラによる制御対象を生徒に考えさせ、4 名グループで「材料と加工」、「エネルギー変換」、「プログラムと計測制御」の知識と技術を活用して、制御対象を製作し、制御した。授業時数は 17 時間であった。

授業の実施では、実践が最も無理のない授業計画であった。

いずれの実践でも、生徒は興味を持って、授業に取り組んだ。3 つの実践では、生徒の主体性を活かした実践において、そのことが顕著であった。また、生徒は教材や指導方法に依らず「プログラムによる計測制御」の学習に興味をもって取り組むことがわかった。

c) 「プログラムによる計測制御」、「エネルギー変換」、「材料と加工」を融合した指導

成果(1)で述べたように、「プログラムによる計測制御」は、センサやインターフェース回路などの電気・電子技術が関わり、また、ものづくりを取り入れて制御対象を製作するにはメカニズムや加工技術とも関わるので、「エネルギー変換」、「材料と加工」と関連づけて指導することが適切であることがわかった。

中学校の 2 年生（授業時間 35 時間）と 3 年生（17.5 時間）を対象に、「エネルギー変換」、「材料と加工」と関連づけて、それぞれ 25 時間、12 時間で指導計画を立て、授業実践した。

2 年生を対象にした授業は、つぎの計画で

授業を実施した。

- ・制御題材のアクチュエータの製作(9 時間)  
動力伝達、ギヤボックス、配線、LED の回路と製作、機器の保守
  - ・コンピュータ制御の基礎(6 時間)  
コンピュータ制御の概要、センサのしくみと役割、順次・繰り返し・判断のプログラム作成
  - ・制御題材の組み立て(5 時間)
  - ・プログラム作成(4 時間)
  - ・まとめ(1 時間)
- 3 年生を対象にした授業は、つぎの計画で授業を実施した。
- ・コンピュータ制御(1 時間)
  - ・発光ダイオード、電気の基礎知識(1 時間)
  - ・動力伝達(歯車の速度とトルク)・リンク機構(1 時間)
  - ・センサのしくみと役割(1 時間)
  - ・プログラム(自動車モデルを使ったセンサ・分岐のプログラム)(1 時間)
  - ・プログラム(LED を使った繰り返し・順次のプログラム)・構想(1 時間)
  - ・作品の構想(1 時間)
  - ・作品製作とプログラム作成(5 時間)

2 年生の授業実践は計画的に学習指導できたが、3 年生の授業実践では授業時間が少なかった。

授業で指導した基礎力の到達度は高く、四観点評価にもとづいてアンケートの事前、事後の結果では生徒は興味を持って、授業と課題解決に取り組んだことがわかった。

3 年生を対象にした実践では、事前、事後で実施した結果を因子分析したところ、事前では「生活」の視点から技術を考えていたが、事後では、生徒の意識は向上し、「関心・意欲・態度」、「工夫・創造」に因子が現れ、融合型学習では知識の関連、系統性を持たせた学習指導によって、技術へのメタ認知が高まった。

学年は異なるが、「プログラムによる計測制御」、「エネルギー変換」、「材料と加工」を融合して指導するには、25 時間くらいの授業時数が必要であることがわかった。

d) 男子生徒と女子生徒の技術への興味・関心

これまで述べた授業実践におけるアンケート結果から、生徒は「プログラムと計測制御」の興味をもって取り組んだが、アンケート結果を分析すると、男子生徒に比べ女子生徒の技術への興味・関心が低いことが分かった。

そこで、制御題材として、自動車モデルと LED 照明の制御モデルの 2 つを用意し、生徒に選択させて、取り組ませた。その結果、男子生徒は自動車モデルを、女子生徒は LED 照明の制御モデルを選択した。しかし、事後のアンケートから女子生徒の技術への興味・関心は男子より低く、このことは技術教育の一つの課題である。

以上、計測制御を核にした中学校技術・家庭 [ 技術分野 ] の指導計画の調査結果をもとに



作成し、学校現場で授業を実施するためのものづくり題材と教材開発し、学校現場で実践した結果、つぎのことがわかった。

- ・生徒は開発した題材や教材に興味を持って学習に取り組み、男子と女子の生徒では差はあるが、学習への興味・関心が高い。
- ・「プログラムによる計測制御」、「エネルギー変換」、「材料と加工」を融合した指導計画を編成することで、学校現場に導入し実施できる。

開発した題材と教材、研究論文に関する URL :

<http://gijutu.edu.gunma-u.ac.jp/~sumita/>  
の「教材開発」

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 8 件)

三田純義, 折茂正行, 鳥山将太: 「プログラムによる計測・制御」の学習指導で活用できるセンサ教材の開発, 群馬大学教科教育学研究, 査読無, 第 13 号(2014), 41-48

三田純義, 折茂正行, 鳥山将太, 折茂敬: 教材と指導の工夫による「プログラムによる計測・制御」の学習指導の実践, 群馬大学教育実践研究, 査読無, 第 31 号(2014), 79 - 88

三田純義, 清水友紀, 栗原信義, 清水幸治: 「プログラムによる計測・制御」に関する題材と指導方法の検討, 群馬大学教育学部紀要(芸術・技術・体育・生活科学編), 査読無, 48 巻(2014), 167 - 174

三田純義, 本村能猛, 剣持朋也: 電気回路とコンピュータにより制御するモデルカーを取り入れた制御に関する授業実践, 群馬大学教育実践研究, 査読無, 30 号(2013), 85 - 93

三田純義, 長壁高志, 佐瀬暁洋, 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, 査読無, 29 号(2012), 83 - 92

三田純義, 古谷清蔵, 前橋信吾, 清水貴史, 平形隆正: 教員研修を通じた技術教育における計測・制御教材に関する検討 - マイクロコンピュータを活用した計測・制御教材 -, 群馬大学教育実践研究, 査読無, 28 号(2011), 169 - 178

〔学会発表〕(計 6 件)

三田純義, 折茂正行, 鳥山将太: 教員による評価にもとづいた融合型学習指導の検討, 日本産業技術教育学会第 25 回関東支部大会, 平 25 年 12 月 8 日, 東京学芸大学(東京)

三田純義, 折茂正行: 制御対象の製作を取り入れた授業試案, 日本産業技術教育学会

第 24 回関東支部大会, 平 24 年 11 月 25 日, 千葉大学(千葉)

三田純義, 清水友紀: 「プログラムによる計測・制御」に関する題材と指導方法の検討, 日本産業技術教育学会第 55 回全国大会, 平 24 年 9 月 2 日, 北海道教育大学(旭川)

三田純義, 栗原信義, 安藤雅人, 藤谷直道, 岡部 陸瑛, 清水友紀: 生徒の発案題材による「プログラミングと制御」に関する授業づくり, 日本産業技術教育学会第 23 回関東支部大会, 平 23 年 12 月 11 日, 茨城大学(水戸)

三田純義, 長壁高志: 計測・制御で指導する内容の検討, 日本産業技術教育学会第 54 回全国大会, 平 23 年 8 月 28 日, 宇都宮大学(宇都宮)

長壁高志, 鷲頭生司, 宮前篤嗣, 三田純義: ロボット作り教室を通じた計測・制御教材の検討, 日本産業技術教育学会第 22 回関東支部大会, 平 22 年 11 月 28 日, 群馬大学(前橋)

〔図書〕(計 1 件)

三田純義, 清水貴史, 寺島邦彦, 平形隆正: 群馬大学教科教育研究会編 「教科教育の今日的課題と展望」, 分担: 10 章「学校現場と大学との関係による教材開発・・・技術教育の複合ものづくり教材を題材として・・・」, pp.151 - 169 (あさを社) (2010)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページにおける公開

<http://gijutu.edu.gunma-.ac.jp/~sumita/>  
「教材開発」

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

三田 純義 (MITA SUMIYOSHI)

群馬大学・教育学部・教授

研究者番号: 50280350

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし