

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 9 月 28 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24501127

研究課題名(和文) 中学校技術での制御分野の教材開発

研究課題名(英文) Development of educational material for control and measurement in the subject area of industrial arts in junior high-schools

研究代表者

古田 貴久 (FURUTA, TAKAHISA)

群馬大学・教育学部・准教授

研究者番号：60261822

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：中学校・「技術」の「計測と制御」単元の教材とカリキュラムを開発した。生徒は、プラレールをパソコンで作成した自作のプログラムでプラレールを自動制御する。意識調査のアンケートと小テストの結果から、本教材の教育効果が認められた。アンケートの因子分析の結果、「コンピュータへの関心」、「粘り強く学ぶ学習習慣」、「理工系(STEM)への関心」、「自己有能感」、および「プライド」の5因子が抽出された。「コンピュータへの関心」と「プライド」に見られる、性別に関して対照性が、今後の情報教育に与える示唆について議論した。

研究成果の概要(英文)：We developed a set of educational material and curriculum for the course unit "Measurement and Control" of the subject area of industrial education in junior high school. In our curriculum, students write computer programs of their own that automatically control a model train. We also created questionnaire that assessed students' awareness toward computers, STEM, and problem solving and made comparisons with their test scores, which showed substantial effects of the curriculum. We conducted factor analyses and extracted five factors, whose names were "Interests in Computers", "Grit", "STEM Interests", "Self-Efficiency", "Pride". We discuss future directions for informatics education based on the gender contrasts in "Interests in Computers" and "Pride" against test scores.

研究分野：教育工学

キーワード：情報教育 中学校・技術 計測と制御 STEM 性差

1. 研究開始当初の背景

本研究の目的は、生徒の意欲を喚起する、中学校・技術の「計測と制御」の教材および指導案の開発と、プログラミングや情報に関する関心を高める指導法の開発である。

中学校・「技術」には、「計測と制御」という単元がある。そこでの主な学習事項は、自動ドアやエアコンなど、我々の生活を便利にしたり快適にしている機器類が、センサで外界の状態を計測し、それをもとに状況判断して、アクチュエータを制御しているという、これら機器類の基本的な仕組みである。また、この単元では、生徒は、実際にプログラムを自分で作成して、ロボットなどを動かすことを行う。

「計測と制御」単元では、教材として、ライントレースカーなどのロボットがよく使われる。ライントレースカーやロボットをプログラムして、白い路面上の黒い線に沿ってクルマを走らせたり、明るさに反応して音を鳴らすデバイスを作ったりしている。しかしながら、指導要領上、技術という教科の意義は、理科や数学的な理論や知識よりも、それらが日常生活とどのようにかかわっているかを学ぶことにあり、ライントレースカーなどが、日常生活とのかかわりを実感させる点において難点があった。また、ロボットは女子の意欲喚起が十分とは言えない問題点もあった。

2. 研究の目的

われわれの日常生活とより関わりをもち、かつ、女子生徒も意欲的に取り組めるような、「計測と制御」の対象となる教材・教具の開発が、本研究の主な目的である。

本研究では、鉄道模型の制御を題材にすることで、より、生徒の日常生活と関わりのある

題材を制御対象とする「計測と制御」の教材の開発を行うこととした。電車は我々の生活の足である。生徒も、実際に乗ったり、走っているところを見ていたりするので、それがどのようなものであるか、いかに我々の生活と関わっているか、知っていることが、電車の制御を教材化した主な理由である。

3. 研究の方法

本研究では、初年度と2年目で、プラレールをパソコンから自動制御する教材のハードウェアの開発と、生徒がプログラムを作成するExcel上での開発環境の作成、それらの7時間の展開で指導する指導案と補助教材の開発を行った。そして、群馬県内の中学校で、現職の技術科教諭による授業実践と指導のもと、これらの教材教具、指導案、補助教材の改善を図った。

3年目と4年目では、これらの教材・教具や指導案の部分的な作り直しを行うと同時に、生徒の、情報やコンピュータ、問題解決に対する意識調査の質問紙を開発した。そして、本研究が開発した鉄道模型教材の使った授業を履修する前と後とで、生徒の意識にどのような変化が見られたか、本単元の学業成績と意識の関わり、とくに、性別の影響を調べた。

4. 研究成果

初年度と2年目の主な成果は、プラレール（タカラ・トミー製）を制御対象とした教材のハードウェア、それを制御するために生徒が作成する、Microsoft Excel上の開発・操作環境、それらを使用した全7時間の授業展開を開発したことである。

本研究で開発した、プラレールを制御対象とする「計測と制御」教材の全景を図1に示す。

教材は、プラレール(図1の青い線路)、パソコンとプラレールの車両のインタフェース基板(図1の中央のプリント基板)、パソコンからの前進や後退などの命令を受信してそのように動作する車両から成る。

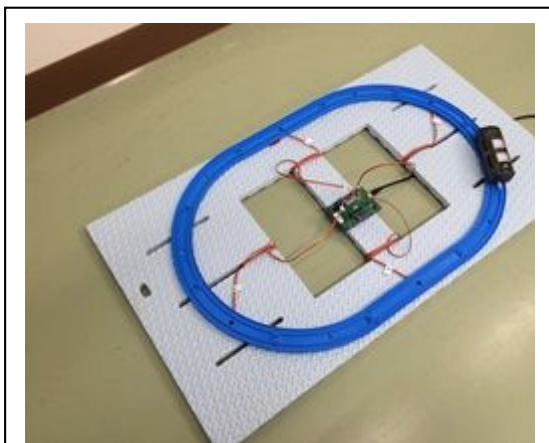


図1 本研究で開発した、プラレールを制御対象とする「計測と制御」教材の全景

プラレールの線路は、一般に市販されているものである。ただし、位置センサを線路上に埋め込むための穴(直径およそ1cm)を、各レール片の中央に開けている。位置センサは、当初は赤外線フォトリフレクタを用いた。しかしながら、実際に中学校で授業実践を行うと、パソコン教室は窓が広く、太陽光の差す明るい部屋だったため、太陽光に含まれる赤外線によって、フォトリフレクタが正しく車両を検知できなかった。そのため、途中から、フォトトランジスタを用いるように仕様変更した。

後に、別の中学校で授業実践を行った際には、逆に赤外線フォトリフレクタを位置センサに使用しないと、車両位置をあまりうまく検知できないことがあった。学校や教室によっては、室外が明るすぎる時は、窓に遮光カーテンをひいて、太陽光があまり差しすぎないようにする。この場合は、室内照明の蛍光

灯だけでは、位置感知のための光量が十分ではないため、フォトトランジスタが車両位置を検知できない。学校や教室の使用環境に合わせたセンサが必要であり、どのような使用環境では、どのような仕様のセンサが必要になるか、教材開発者同士でこのような、とくに失敗に関する情報を共有できると、有益であろう。

インタフェース基板の役割は、レール上の車両の位置を検出するセンサの出力電圧をAD変換して、パソコンに伝えること、および、パソコンから発せられる、列車に対する進行や停止などの命令を、家電用リモコンの信号フォーマットに変換して、赤外線信号として発信することである。インタフェース基板にはMicrochip社のPICを使い、また、プラレールの進行・停止などの赤外線信号は、車両の動力車に搭載したKuwatech社のRemorailを使って、モーターを駆動する電圧に変換した。

パソコンとの通信には、当初、FTDI社のUSBインタフェースICであるFT232RLを使った。FT232RLは、Windowsパソコンに接続したUSB機器ではポピュラーなICであるが、あらかじめパソコンに専用のデバイスドライバをインストールしておかなくてはならない。近年は、セキュリティ上の理由から、学校は、パソコンの管理業者に委託して、生徒が使うパソコンに、ソフトウェアを追加インストールできない構成にしているところが増えており、本研究でも、デバイスドライバがインストールできないケースがあった。デバイスドライバを追加インストールしなくてもUSB通信できるようにするため、本研究では、大学共同利用機関法人・自然科学研究機構・生理学研究所が公開している、「PICテスト回路の通信をHID機能でおこなうプログラム」を元にし

て、USBのHIDプロトコルを用いたインタフェース基板を別途開発・作成して、授業実践を行った。表1は、本研究が実施した、「計測と制御」の授業展開（全7時間）である。

本研究では、3年目以降に、情報やコンピュータ、問題解決に対する生徒の意識変容を明らかにすることを通じて、開発した教材・カリキュラムの効果を検討した。意識調査は、Christensen & Knezek (2002) のComputer Attitude Questionnaireをベースに、理科や技術に対する興味や関心を尋ねる

表1 「計測と制御」の授業展開

1時間目 計測・制御の導入	<ul style="list-style-type: none"> ・アニメーションなどで身近な計測・制御されているものの仕組みを知る。 ・人間に例えて計測・制御の仕組みを知る。 ・「センサ」「コンピュータ」「アクチュエータ」などの基本的な計測制御の流れを知る。
2時間目 V B Aの基本	<ul style="list-style-type: none"> ・「アクションゲーム」と「(まる)×(ばつ)ゲーム」のゲームをすることで、プログラムへの関心を高める。 ・オプションの有効設定やコマンドボタンの作り方を知る。 ・代入文、Loop文について知り、カウントアップボタン、自動カウントアップボタンを作る。
3時間目 V B Aの基本	<ul style="list-style-type: none"> ・「数当てゲーム」をする。 ・If文について知り、「数当てゲーム」を作る。

4時間目 ローチャート V B Aの基本	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的な仕事の流れ(順次、分岐、反復)と、フローチャートの記号の対応関係について知る。 ・If文と二つのセンサを対応させて、電子ブザーを鳴らす。
5時間目 コンピュータによる計測・制御	<ul style="list-style-type: none"> ・LED点滅ボタンで接続の確認を行う。 ・プラレールを、ボタンを押すことで、前進、停止させる。 ・後退ボタンを作成する。 ・センサで異なる動きをさせる。
6時間目 コンピュータによる計測・制御	<ul style="list-style-type: none"> ・プラレールを自動運転する。 ・生徒が考えた自動運転の動きを、構想・手順・プログラム・フローチャートに表す。
7時間目 コンピュータによる計測・制御	<ul style="list-style-type: none"> ・自動運転のプログラムを改良する。 ・センサ通過回数によって、車両の動きを変更させる。 ・コンピュータは人間が使いやすいように、社会の中で利用されていることを考える。

質問や、自分の性格に関する質問を追加して作成した。

授業中に実施した小テスト、および期末テストの平均点は、男子62.8、女子62.5であり、両者に統計的な有意差は認められなかった。したがって、本教材・カリキュラムに性差による有利・不利はないと言える。

因子分析の結果、5つの因子を抽出した。第1因子は「コンピュータへの関心」、第2因

子は「粘り強さ」、第3因子は「理数系教科に対する興味」、第4因子は「自己有能感」、第5因子は「プライド」と命名した。これら5因子のうち、「自己有能感」を除く4つの因子で、カリキュラム実施前と実施後との間で効果量が.20を超えており、実質的な効果が認められたと言える(Cohen 1988/2009, 1992)。

テストの点数を目的変数とした重回帰分析を行ったところ、モデルは統計的に有意であったが、偏回帰係数が、5%水準で統計的に有意であった因子は、第2因子「粘り強さ」のみであった。そのため、階層的クラスタ分析(Ward法、ユークリッド距離)を行い、デンドログラムとクロンバックの係数をもとに、因子の上位構成概念として3つのクラスタを抽出した。

各クラスタの解釈は、第1クラスタを「コンピュータ好き」、第2クラスタを「学習習慣(こつこつ、あきらめずに努力する)」、第3クラスタを「理数系教科への関心」とした。テスト得点を目標変数とする重回帰分析の結果、重回帰モデルが有意であり、偏回帰変数としては、第2クラスタ「学習習慣」が、カリキュラム実施前と実施後のどちらにおいても、統計的に5%水準で有意であった。クラスタごとの平均自己評定値を表2に示す。男子のほうが、コンピュータが好きで、理数系教科への関心が高いと答えている。一方で、「学習習慣」については、統計的な男女差は認められなかった。

表2 クラスタごとの平均自己評定値

	男子	女子
	平均(標準偏差)	平均(標準偏差)
C1. コンピュ	3.80(.81)	3.39(.81)

ータ好き**		
C2. 学習習慣	3.36(.72)	3.23(.73)
C3. 理数系教科への関心**	2.70(.96)	2.26(.88)

** : $P < .01$

以上の結果を総合すると、男子は女子よりもコンピュータや理数系教科への関心が高いが、このような関心の高さは、小テストや期末テストで測定される学力面には反映されていないと言える。一方で、女子は、男子ほどコンピュータや理数系教科に対して関心を持っていないが、学習成績面では、男子と差がない。女子に見られる、このような、関心が高くなくても、良好な学習成績を示す理由として、本研究の範囲で言えることは、女子の学習習慣にあるということである。女子は、すべての生徒が、必ずしもコンピュータや理数系教科を好んでいるわけではないが、彼女らは、普段の学習において、途中で放棄せず、こつこつと勉強しているようである。このことが、興味・関心の低さとは別の要因として、彼女らの成績の高さに結びついている可能性がある。実際、継続的な学習を行うという、学習習慣の重要性は、Collis, Knezek, Lai, Miyashita, Pelgrum, Plomp, & Sakamoto (1996)や、Duckworth, Peterson, Matthews, & Kelly (2007)などで指摘されているところである。

しかしながら、粘り強い学習習慣だけで学習成績が向上する訳ではない。男女ごとに、コンピュータに対する興味・関心(クラスタ1)の評定値が高いグループと低いグループに分けて、小テストおよび期末テストの得点の平均点を比較すると、男子では興味が高い

グループと低いグループで、テストの得点に有意差は見られなかったのに対して、女子では1%水準で有意差が認められた。このことは、男子はコンピュータに対する興味や関心の高さと、「計測と制御」の成績との間に関連性が見られないのに対して、女子は、興味や関心の高さと、学習成績とが結びついていることを示している。

以上から、コンピュータや情報に対する関心を高める動機づけは、特に女子生徒において有用であると考えられる。従って、女子生徒に関しては、今後の「計測と制御」、ならびに、情報教育においては、粘り強く勉強する現在の学習習慣を維持させたまま、コンピュータや情報に関する意欲を高めることが、意味を持つと言える。

一方で、男子生徒については、コンピュータや情報に関する意欲を高めることは、あまり有効とは言えない。因子分析の結果を見ると、第5因子「プライド」が男子においてテスト得点に対して有意であったことから、男子に関しては彼らのプライドを適切に刺戟することが、学習成績の向上に寄与する可能性がある。

<引用文献>

- Christensen & Knezek (2002).
Instruments for assessing the impact of technology in education. *Computers in the Schools*, **18**(2/3/4), 5-25.
- Cohen, J. (1988/2009) *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. Second Edition*. Psychology Press. New York.
- Cohen, J. (1992) A power primer. *Psychological Bulletin*, **112**(1),

155-159.

Collis, B., Knezek, G., Lai, K., Miyashita, K., Pelgrum, W., Plomp, T., & Sakamoto, T. (1996). *Children and computers in school*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Duckworth, A.L., Peterson, C., Matthews, M.D., & Kelly, D.R. (2007) Grit: Perseverance and Passion for Long-Term Goals. *Journal of Personality and Social Psychology*, **92**(6), 1087-1101.

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計1件)

古田貴久、服部光宏、橋詰倫典、因子分析と因果モデル構成の統合を自動化する試み、群馬大学教育学部紀要、査読無し、2016, Vol. 51, 101-109.

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

古田貴久 (FURUTA, Takahisa)
群馬大学・教育学部・准教授
研究者番号：60261822