

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：12101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25590256

研究課題名(和文) 触覚・力覚インタフェースによる制御学習支援システムの研究

研究課題名(英文) Research of control learning support system by touch, haptic interface

研究代表者

工藤 雄司(kudo, yuji)

茨城大学・教育学部・教授

研究者番号：70635614

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：ものづくり教育の一環として制御学習は必須であり、これまでも、制御理論を小・中学生が分かりやすく学習する教材はあった。しかし、ものを制御することの本質を理解するには至っていないように思われる。

本研究は、小・中学生から高校生まで体験的に制御の本質を理解させる制御学習支援システムの開発を目指した。触覚・力覚インタフェースを活用することで、触覚・力覚情報を含んだ制御の方法が新たに加わることになる。すなわち、従来の手続き型プログラミングによりものを制御する方式から、体感的な制御という概念を取り入れることで、理論に深入りすること無く、初学者にも制御の本質を理解させることができた。

研究成果の概要(英文)：Control learning as part of the manufacturing education is mandatory, until now also, there is teaching material to learn control theory easy to understand the elementary and junior high school students. However, it does not seem to come to understand the nature of that control things. This study was aimed at the development of control learning support system to understand the nature of the experience to control up to high school students from elementary and junior high school students. By utilizing a haptic-haptic interface, the method of control is to join the newly including the tactile-force information. That is, the method of controlling an object by conventional procedural programming, by incorporating the concept of sensible control, without Fukairi by theory, it was possible to understand the nature of the control even beginners.

研究分野：教科教育学

キーワード：制御学習 支援システム 触覚・力覚インタフェース ものづくり教育

1. 研究開始当初の背景

(1)本研究に関連する研究動向及び位置づけ
ものづくり教育の充実(文部科学省 2009)と大学教育プログラムの質の保証のため、技術に関わる専門知識、製品設計・製作の技能、授業する力の力量、を認定する取り組みが始まっている(日本産業技術教育学会 2010)。

諸外国でも、技術教育プログラムの質の保証が課題となっており、認証評価基準に基づいたり、国家試験による評価に基づいたりするものとなっている(田中 2010)。このように、日本のみならず、既に小・中学生の段階からものづくり教育を行っている諸外国においても技術教育プログラムの質の保証が課題となっている。

また、制御理論を初学者が分かりやすく学習する教材は見られる。例えば、コンピュータの本質を理解するための簡単な論理加算回路を誤配線しても壊れない装置で試行錯誤しながら配線する教材(本村・工藤 2007)などは、その知見から“ものを制御する”ことの本質を理解するには至っていないように思われる。

(2)研究経緯について

情報の科学的な理解の一環として、より優れた2進数-10・16進数変換教具を開発した。従来の単機能なものや、大がかりな装置を廃し、PICマイコンを用いて開発し、より容易に学習が行え、機能追加も可能で多機能なものとなった(工藤・平田 2009)。ここに、触覚・力覚インタフェースを加え、活用することで、未修得の知識・理解による制御学習ではなく、体験的に制御の本質を理解させることができると考えた。

2. 研究の目的

我が国は、自然災害の影響が多大な国土を持ち、その限られた資源の中で経済発展を遂げる必要性から、原子力発電事故などの被害を避けて通ることは難しい。

しかしながら、技術者の危機管理意識が高ければそのリスクを下げられる可能性は高くなる。

技術者の危機管理意識や技術者倫理などを正常に発達させるためには、感受性の豊かな小・中学生の段階からものづくり教育を行うことが求められている。

ここで、ものづくり教育の一環として制御学習は必須であり、これまでも、制御理論を児童・生徒が分かりやすく学習する教材は見られる。しかし、初学者が制御技術を体験的に理解できる教材は見られない。

本研究は、初学者にとっては知識・理解の習得から始まる制御学習ではなく、触覚・力覚インタフェースを活用することで、体験的に制御の本質を理解させる制御学習支援シ

テムの開発を目指す。

触覚・力覚インタフェースを活用することで、触覚・力覚情報を含んだ制御の方法が新たに加わり、プログラミング的な“ものを制御する”感覚から、体感的な制御という概念を取り入れることで、理論に深入りすること無く、初学者にも制御の本質を理解させる学習プログラムの例はなく、新しい取り組みといえる。

3. 研究の方法

(1)先行研究の改善について

研究分担者と共同研究の「2進-10・16進数変換器を中核としたコンピュータ制御教材の開発について(日本産業技術教育学会にて口頭発表、工藤雄司・平田晴路, 2009)の概要は、開発した教具「2進数-10・16進数変換器」のPICマイコン用制御プログラムを変更し、センサ基板、ステッピングモータ駆動基板を追加して、ライトレースカーを製作するコンピュータ制御教材の開発についてであった。

この教材は、「コンピュータ制御機器は、プログラムを書き換えるだけで容易に目的の異なる機器になる。」ということを実感させるねらいがあった。

これを発展させ、触覚・力覚インタフェースを活用することで、体験的に制御の本質を理解させる制御学習支援システムの開発を目指した。

コンピュータ制御を中核とした教材として、触覚・力覚インタフェースの活用法をオープンループ制御に取り込み、太陽電池パネルの向きを太陽の方向に向かうよう適正に制御することで、発電効率の高い教材を開発する。マイコン用制御プログラムの変更は、パソコン上で動作するグラフィカルプログラミング言語を効果的に使用することで行う。

(2)開発教材の改善と発展

発電効率の高い太陽電池などを構成する際に、触覚・力覚インタフェースを活用し、制御動作のティーチングをグラフィカルなイメージとして与えることや、逆に触覚・力覚インタフェースにより作動情報を体感する経験は、ロータリエンコーダによるクローズドループ制御を行う教材と相まって、学習を支援するシステムとして効果的である。これは、モータの回転角をフィードバックすることで、太陽電池を常に太陽の方向に向けるクローズドループ制御学習を支援する教材となる。これにより、既に開発しているステッピングモータによるオープンループ制御学習を支援する教材との違いが明確化し、より理解を助ける学習支援システムとなる。

また、各学校種における授業実践により、生徒の実践前後の学習に対する変容の調査も

幅広く行えるので、より精度の高い統計的手法による分析が行えるようになる。こうして、より効果的な学習支援システムの開発を行った。

4. 研究成果

(1)開発教材の特徴について

本教材は、「コンピュータ制御機器は、プログラムを書き換えるだけで別の機器となる。」ということを実感させるねらいがある。

オープンループ制御教材

まず始めに、「ライントレースカー」フレームと「ステッピングモータ駆動基板」を組み立てる。次に、「PICマイコン制御基板」として使用するために、「2進数 - 10・16進数変換器」として作動させているプログラムを「ライントレースカー」用プログラムへと書き換える。この段階では、「光電センサ基板」を取り付けないので、初学者にも取り組みやすいオープンループ制御を取り上げることにする。

具体的には、ライントレースカーを8の字状に走行させるパルス数を計算してステッピングモータを作動させる走行プログラムを作成する。これを入力し、コンパイルしてPICマイコンに書き込み、正常に走行することを確かめる。

プログラミングに際して、まず「ひな形プログラム」を与える。左右のステッピングモータに出力するパルス数を書き込む位置が分かるようにひな形プログラムを予め作成している。右左折を指定の角度で行わせることや、8の字走行をさせるパルス数を計算させて、ひな形プログラムの所定の位置の数値を書き換えるだけで良い。こうして走行パターンを変更させている。また、同様に走行速度の変更も行わせている。

クローズドループ制御教材

次に、「光電センサ基板」を追加して、黒色のラインを貼り付ける。この黒ラインに沿って走行する「ライントレースカー」となるよう、新たな「ひな形プログラム」を与え、センサからの信号の取り込み方や、その信号により変更する左右のステッピングモータの制御方法を学習する。

触覚・力覚インタフェースの活用

これらの教材を発展させ、触覚・力覚インタフェースを活用することで、体験的に制御の本質を理解させる制御学習支援システムの開発を行った。コンピュータ制御を中核とした教材として、触覚・力覚インタフェースを活用し、フィードバックするように制御に取り込む。

すなわち 従来のプログラミングにより“も

のを制御する”方式から、体感的な制御という概念を取り入れることで、理論に深入りすることなく、初学者にも制御の本質を理解させることができるものである。

具体的には、太陽電池パネルの向きを太陽の方向に向かうよう適正に制御することで、発電効率などのエネルギー変換効率について考えることのできる制御技術教材とした。

(2)教育実践について

高等学校における実践

ライントレースカー教材の実践に関しては、T高校総合学科工業系の2年次生を対象に、実習形式で行った。対象の総合学科では、専門科目の選択は2年次より開始される。これまでは、制御技術関係の科目は3年次に選択されていたので、対象生徒は初学者として扱うことができる。

年間の指導計画の概要は、1学期はCAD演習、ICブレッドボード実験(論理回路学習)、PICマイコンボード(2進数 - 10・16進数変換器)製作を班別に交代で実施した。2学期・3学期は、ライントレースカーのフレーム(アルミアングルの加工)車輪(アルミ棒材の旋盤加工)、ステッピングモータ駆動基板、光電センサ基板の製作実習を班別に交代で行った。

製作に当たっては、「2進数 - 10・16進数変換器」などは感光基板を使用しているので、作成を容易にするため、パターンの線幅を太く設計した配線パターン図を転写した透明フィルムを生徒に与えるよう留意する。そして、パターンの線幅を太くしたことで回路図と見比べたときに見易くなり、理解を深めることができるようになった。

実践授業受講者26名への質問紙調査を行った。当てはまりの程度を5件法(5:とても思う, 4:少し思う, 3:どちらでもない, 2:あまり思わない, 1:まったく思わない)で回答させた結果は、有効回答率96.2%であり、

理解・完成度を問う9項目: 3.63

満足度を問う5項目: 4.15

応用度を問う5項目: 3.50

であった。

本実習は、概ね生徒の反応も良く、作品製作の達成感が得られている。「ひとつひとつの実習の積み重ねでライントレースカーができたときの、達成感が大きい」、「1年間の実習は大変であるが、完成したときは嬉しかった」、「この授業を通してものづくりの楽しさがわかった」などの自由記述が見られた。

本実践では、プログラミングにしか興味のなかった生徒が、様々な部品を製作する中でものづくりの面白さに気付き、のめり込む姿が見られるようになった。逆に、プログラミングには興味を示さなかった生徒が、PICマイコンボードを製作し、プログラムを入力

すると動き出す過程からプログラミングの重要性に気付くようになった。という教員所見が得られた。

大学における実践

触覚・力覚インタフェースの活用に関しては、I 大学教育学部の学生実習として実践を行った。対象学生は、制御学習は初めての回答が大半で、初学者として扱うことができる。

本実習は、概ね学生の反応も良く、実習の達成感が得られている。「プログラムから入るよりも、その前段として触覚・力覚インタフェースを利用した制御に触れることで、計測制御がより身近に感じられた」、「操作した通りに太陽光パネルが動くことから、細かい仕組みが分からなくても興味を持ったので、そこから仕組みを知りたいという探求心が高まった」、「プログラムやコンピュータの操作が苦手でも操作しやすい」、「技術の分野への関心がより高まった」、「計測制御といった専門知識が必要とされる分野において、理解するためのハードルが下がった」、「生徒に対する授業であれば、抽象的な概念から入るより具体的な体験からの導入の方が分かりやすいと考えられるので、今回の実習は授業の目標の到達度が上がるように思う」などの自由記述が見られた。

指導教員の反応

・自動追尾させることや、手の動きが別な所に伝わり同じような動きをさせるものは世の中にたくさんある。離れた場所において、モニタを見ながら手術用の医療機器を動かすようなものもそうだし、小さな力で大きなものを動かすようなものもそうである。その原理を学ぶ上で、これからの時代に必要なものであると考える。

・実際に制御すると、自分で動かしたのだという感動がある。人間の感覚が直接制御とむすびつくことで、制御を身近に感じることができる。

・太陽光パネルの自動制御の前に、まず、同じ動きを手動制御してみるというのは、動きを理解するうえで大切であると思いました。

・大切なところは、人がコンピュータを制御するという意識を持たせることだと感じた。

・自分の動きと同じ動きをすることによって、自分が制御していることが実感でき、感覚的にも理論的にも理解できるので良い。

などの自由記述が見られた。

(3)まとめ

生徒・学生の反応より、本教材の「コンピュータ制御機器は、プログラムを書き換えるだけで別の製品となる。」ということを実感させるねらいは、達成されているようである。

また、高校における実践であるライントレースカーの製作を中心に構成したコンピュータ制御実習は、「ものづくり」教育の一環として効果的な教材であると考えられる。

さらに、大学における実践では、従来の、プログラミングにより“ものを制御する”方式から、触覚・力覚インタフェースによる体感的な制御という概念を取り入れることで、制御理論に深入りすることなく、初学者にも制御の本質を理解させることができる教材となった。従って、開発教材は、制御技術の理解を深めるには効果的な教材であると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 4 件)

工藤雄司、平田晴路、『エネルギー変換効率を考える制御教材の開発』、日本教育情報学会第 31 回年会、2015.8.30、茨城大学教育学部(茨城県・水戸市)

工藤雄司、平田晴路、『エネルギー変換効率を高める制御技術教材の開発』、日本産業技術教育学会第 58 回全国大会(愛媛) 2015.8.22、愛媛大学教育学部(愛媛県・松山市)

工藤雄司、平田晴路、『エネルギー変換を通して制御技術を扱う教材の開発』、日本産業技術教育学会第 57 回全国大会(熊本) 2014.8.24、熊本大学教育学部(熊本県・熊本市)

工藤雄司、平田晴路、『制御技術を扱う学習教材の開発について』、日本産業技術教育学会第 56 回全国大会(山口) 2013.8.24、山口大学教育学部(山口県・山口市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

工藤 雄司(KUDO YUJI)
茨城大学・教育学部・教授
研究者番号：70635614

(2)研究分担者

平田 晴路(HIRATA SEIJI)
岡山大学・教育学研究科(研究院)・教授
研究者番号：70189835

(3)連携研究者

無し

(4)研究協力者

無し