

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00962

研究課題名(和文) マイコンボードを利用した教員養成における物理学実験の開発・教材化

研究課題名(英文) Development and teaching materials of physics experiments in teacher training using microcomputer board

研究代表者

近藤 一史 (KONDO, Hitoshi)

埼玉大学・教育学部・教授

研究者番号：40178421

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：教員養成に必要な物理学実験において、マイクロコンピュータボードを用いた物理計測システムの開発を行った。教免法では物理学実験においてコンピュータの活用が明記されている。しかし、活用としては、データの処理がほとんどで、コンピュータによる計測が難しい状況にある。本研究では、マイクロコンピュータボードを用いて、コンピュータによる計測を、コンピュータに関する知識があまり無い者でも行う事ができるシステムを開発した。開発したシステムを物理学実験で利用したところ、学生の評価は高かった。教員免許状更新講習に於いて、現職の教員に対して使用したところ、コンピュータによる計測が意外に容易であることが認識された。

研究成果の概要(英文)：In physics experiment necessary for teacher training, we developed a physical measurement system using microcomputer board. Under the teaching method, utilization of computers is clearly stated in physics experiments. However, as for utilization, processing of data is mostly, and it is difficult to measure by computer. In this research, we developed a system that can perform measurements by computer using a microcomputer board even for those who do not have much knowledge about computers.

Using the developed system in physics experiments, students' evaluation was high. In the teacher's license renewal course, when we used it for an incumbent teacher, it was recognized that measurement by computer was surprisingly easy.

研究分野：物理教育

キーワード：実験・観察 教育職員免許法(教免法) マイコンボード コンピュータによる物理計測

1. 研究開始当初の背景

○コンピュータ活用の移行

中学校・高等学校の理科の教員免許状を取得するためには、理科実験の単位を習得しなければならない。教育職員免許法(教免法)では、これらの実験には(コンピュータ活用を含む)と記されている。コンピュータが利用された当初は、コンピュータのI/Oポートに自作のボードを挿入したり、市販のボードを利用したりして、コンピュータの活用はコンピュータによる測定を意味していた。しかし、コンピュータの普及により、コンピュータへの装置の接続は、プラグアンドプレイとなり、自作の装置やプログラムの開発は困難になった。エクセルなどの表計算・グラフ化ソフトの普及により、コンピュータの活用は、実験データの処理へと移行してきた。しかし、理科実験においてコンピュータを利用した測定は、理工系に進み、技術・研究者になる場合だけでなく、コンピュータが日常生活に浸透している現在では、すべての者に必要であると考えられる。PICと呼ばれるマイクロコンピュータを利用する方法が応募者の研究室において、温度測定システムを開発した¹⁾。しかし、電子工作や、機械語に近いアッセンブラ言語のプログラム開発などが必要で、その利用は容易ではなかった。近年、ゲーム機であるWiiのコントローラを利用する方法が紹介され、応募者の研究室で台車に働く力を測定するシステムを開発した²⁾。しかし、Wiiを利用するプログラムを自由に書き換えることが出来ず、希望するシステムの開発には至らなかった。

最近になって、簡単に利用できるマイコンボードが開発された。なかでも、Arduinoは、趣味や教育者ように開発されたマイコンボードで、3,000円程度で入手できる。簡単なプログラム言語が用意されていて、種々の測定センサーが利用できる。また、Raspberry Piは1万円以下で入手でき、キーボードとディスプレイをつなぐとLinuxマシンとして稼働する。これらの利用はコンピュータや電子関連雑誌でも紹介されるようになってきている。Physics Teacherなど海外でArduinoの利用に関する研究が発表されるようになってきた³⁾。

これらを利用することによって、まず、教員養成における物理学実験でコンピュータによる測定ならびに教材化を行ない、容易に導入できることを明らかにする。さらに、他の理科実感や小・中・高等学校での実験でのコンピュータ測定への導入を試みた。

○コンピュータ測定の意義

コンピュータの利用が一般に普及している現代、データ処理だけでなく、コンピュータによる測定、制御を理科の実験において学習することは重要である。それらの目的は(1)コンピュータの操作を習得する。(2)

コンピュータの信頼度を確認する。(3)コンピュータの利用について自ら開発出来るようにする。の3点が考えられる。(1)については周知のことである。(2)については、コンピュータが絶対的なものであると思いがちである。電卓の普及時、電卓の表示する膨大な数値をそのまま信用する傾向にあり、有効数字の取り扱いについてより学習する必要性が生まれた。それと同様に、コンピュータで測定した値が絶対的であると思いつつ傾向がある。本研究では、人の手による測定と、コンピュータによる測定を並行して行うことにより、コンピュータ測定について再確認させることを念頭に置いている。



Arduino マイコンボード

(3)については、ここ10年余りコンピュータや電子工作の技術を持った者しか行うことが出来なかったが、Arduinoなどのマイコンボードの出現により、それらの知識・技術のない者にも可能性が生まれてきた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、マイコンボードを利用し、物理学実験においてコンピュータによる測定を安価で容易に行うことが出来る実験装置を開発し、それらを教材化することにある。理科実験におけるコンピュータ活用は、コンピュータによる測定からデータ処理へと移行してきている。これは、コンピュータのプラグアンドプレイ化により難しくなってきたためと思われる。実験におけるコンピュータによるデータ処理は重要であるが、本来のコンピュータ活用は、コンピュータによる測定が必要である。本研究では、マイコンボードでの測定装置を開発し、物理実験ならびに他の理科(化学、生物、地学)実験、さらに小・中学校の実験においても容易に導入でき、教材として活用できることを明らかにすることが目的である。

参考文献

- 1) 「理科実験におけるコンピュータの効果的な利用 - 生徒の科学的な概念の形成を支援する道具としてのコンピュータの活用 - 」海野智 (H10 埼玉大学教育学研究科 修士論文)
- 2) 「力学領域における生徒の素朴概念を踏まえた教材の研究」 三俣 那津子

- (H22 埼玉大学教育学研究科 修士論文)
3) 「Arduino と XBee を用いた遠心力測定実験
野開発」鈴木美 (日本女子大学) 他 (H26 春
期応用物理学会) など
3 . 研究の方法

Arduino による ¥ 「ボルダの振り子」にお
ける**途中計時測定、測定可視化**、測定のため
の無線システム化。得られたデータが人の
手で行った実験と対応するためのプログラ
ム開発などを行う。完成した実験教材は、大
学における授業 (教職実践演習、セミナー) 、
小・中教員のためのワークショップ、戸田市、
川越市などの出張講義、CST プログラムな
どで、児童・生徒やそれを利用する教員にと
って有効に機能するかについて検証を行う。
さらに、完成した実験教材をもとに、現職の
教員が、Arduino などのマイコンボードを用
いた測定を授業に取り組みたり、自ら教材を
開発したりするための整備を行う。

● 振り子の周期測定における途中計時測定
システムの開発・実験教材化

実験における測定値の平均値を求める際
には、実測値を 2 グループに分けて、両者の
差をとることが基本である。振り子の周期を
求める実験では、そのために途中計時測定が
必要であり、そのためのプログラムを開発す
る。現在、自作の I/O ボードを利用し、
N88BASIC で記述されたプログラムのシス
テムが稼働している。これを、Arduino の
プログラムに移植することで途中計時測定
ならびに測定中のデータの可視化、ならびに
データ処理を行うシステムを構築すること
ができる。これにより、コンピュータ測定シ
ステムを教員養成の物理学実験教材化する
とともに、小学校 5 年時に必修化した、「振
り子の運動」の学習においても利用できる教
材として改良する。

● Arduino を利用するための訓練

開発した実験教材は、コンピュータ・電子
工作の知識のない学生や現職教員が容易に
利用できるだけでなく、自分の思うようなシ
ステムに改良出来なければならない。そのた
めに、Arduino に関してどのような知識や電
子工作の知識が必要であるかを調査し、これ
らを実験教材とともに示す必要がある。大学
3 年生に対して、Arduino を利用する最初の
段階である、プログラムのインストールや、
簡単なプログラム作成、それによる LED の
点灯、消灯、点滅などの操作は、90 分の授業
2 回程度で習得できることを確認している。
開発したシステムを利用、改良するために必
要な情報について精査する。

● 授業での使用のための準備

開発・実験教材化のシステムについて、実
際の授業 (教員養成における物理学実験、
小・中学校での授業実験) で利用できるよう、

最終的な検討を行う。利用できることが確認
できた段階で、授業で使用するために必要な
台数の製作を開始する。1 クラス 8 班で実験
を行うと考え、演示用と予備を加え 10 セッ
トの準備を行う。

● コンピュータに変わる Raspberry Pi 利用
の検討

Arduino を利用する際には、プログラム開
発、稼働させるためにパソコンが必要になる。
しかし、大学で教員養成のための授業実験は
問題ないが、学校現場でのパソコンの利用に
は制限があり、特にプログラムのインストー
ルが出来ない学校も多い。そこで、Raspberry
Pi を Arduino のプログラム開発、稼働のため
に利用することを試みる。Raspberry Pi
安価に入手でき、実験専用で使用できるため、
学校でのパソコン利用の制限を回避するこ
とができる。Raspberry Pi が利用できるよ
うになれば、Arduino による実験教材がより
利用し易くなると考えられる。

● 実験教材の改良

コンピュータ測定に限らず、測定において
配線は利用者にとっての障壁となっている。
Arduino では、XBee というワイヤレスチッ
プを利用することによって、データを無線で
コンピュータに送信することができる。これ
により実験における配線の障壁を軽減させ
ることができる。より容易な実験教材として
測定装置の無線化を行う。

● 講義などでの実演

平成 27 年・28 年度に開発・実験教材化
を行っている 2 つのシステムについて完成
させる。完成させたシステムについて、実際
に稼働させ、○教員養成における物理学実験
として活用できる。○小学校・中学校の授業
において活用できる。ことについて、検証す
るため、大学の授業 (教職実践演習、セミナ
ー) 、出張講義 (戸田市サイエンスフェス
ティバル、川越市小・中・大学連携ふれあい事
業) 、附属小学校実験ワークショップ (埼玉
県ならびに近郊都県の小・中学校理科教諭向
け) 、CST (コア・サイエンス・ティー
チャー養成) プログラムにおいて実施する。

4 . 研究成果

本研究の目的は、マイコンボードを利用し、
物理学実験においてコンピュータによる測
定を安価で容易に行うことが出来る実験装
置を開発し、それらを教材化することにある。
小・中学校の実験においても容易に導入でき、
教材として活用できることを明らかにする
ことが目的である。

平成 27 年度は (1) 振り子の周期測定による
システムの開発、(2) Arduino を利用するた
めの訓練 であった。(1) については、実験
材料を収集し、準備を進めた。予算縮小のた

め、出張講義等で利用するには実験装置の数が足りない状況である。(2)については、プログラムを経験したことの無い教員志望の学生を対象に3グループの訓練を行った。ソフトウェアのインストールから、プログラムの作成、マイコンボードへの組込、そしてLEDの点滅プログラムの実行をいずれも1コマ90分で行うことができることが確認できた。

(1)の開発と並行して、科学教育におけるマイコンボードの利用について検討を行った。物理分野の内容は、目に見えない現象が多く、児童・生徒の理解を妨げている。そのため、教科書などでは理解を助ける写真が掲載されている。そこで、科学写真家の研究者と協力して、マイコンボードを利用して学校現場で容易に科学写真を撮るシステムの開発を行った。完成版には至っていないが、容易にミルククラウンを撮影する装置を試作することができた。

平成28年度は引き続き(1)振り子の周期測定によるシステム開発、(2)Arduinoを利用するための訓練を行った。(1)については、実験においてコンピュータ測定を行う場合の条件として「人による測定の再現」が重要と考えている。振り子の周期測定においては、途中計時測定(ラップタイムを測定して平均を求める)を学習する。この測定を実現させるプログラムを開発行ってきたが、これを完成させた。当初、Arduinoで一般に利用されるprocessingというソフトを利用することを考えていたが、今回は世の中で多く利用されているExcelのアプリケーションであるVBAを開発を行った。さらに、コンピュータ測定では、測定ケーブルが実験の障害になることもあるため、センサーをワイヤレスで使用できるように開発を行った。

角速度	経過した時間 (T1)	角速度	経過した時間 (T2)	100T (T2-T1)
0	0分 0.000000 秒	100	3分 27.770468 秒	3分 27.770468 秒
10	0分 20.777128 秒	110	3分 48.547228 秒	3分 27.770100 秒
20	0分 41.554188 秒	120	4分 9.323892 秒	3分 27.769704 秒
30	1分 2.331152 秒	130	4分 30.100592 秒	3分 27.769440 秒
40	1分 23.108440 秒	140	4分 50.877588 秒	3分 27.769148 秒
50	1分 43.885648 秒	150	5分 11.654192 秒	3分 27.768544 秒
60	2分 4.662592 秒	160	5分 32.430868 秒	3分 27.768276 秒
70	2分 25.439440 秒	170	5分 53.207160 秒	3分 27.767720 秒
80	2分 46.216284 秒	180	6分 13.983708 秒	3分 27.767424 秒
90	3分 6.993428 秒	190	6分 34.760296 秒	3分 27.766868 秒
100	3分 27.770468 秒	200	6分 55.536752 秒	3分 27.766284 秒
			100T 平均	3分 27.768543 秒

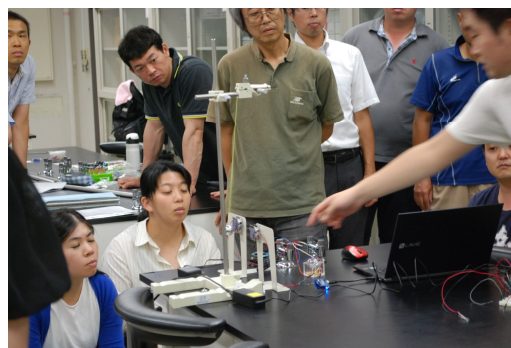
Arduinoによる計時測定の結果

(2)についても引き続き、プログラム作成をあまり経験していない教員志望の学生に行った。過去の例の通り、90分の授業内に、LEDを点滅させるプログラムを作成することが確認された。さらに、データ処理のためのprocessingについてある程度の学習することができた。

本研究の大きな目的の一つが、「人による測定の再現」であった。Arduinoを用いた測定に関する書籍や報告はたくさんある。しか

し、「物理学実験」で行っている測定と同じ手順をパソコン測定で行うという目的でArduinoを利用しようとする報告は見られない。教員養成における実験では、誤差の考え方から、データ処理などを学習する。振り子の周期測定では、データ処理において途中計時測定が重要である。これをコンピュータ測定に導入することが本研究の大きな目的の一つであった。平成28年度は、この途中計時測定のデータ処理のプログラムが完成した。また、教員養成における、物理学実験の「コンピュータの活用」について本研究の意義を含め、物理学会において報告した。

平成29年度は、開発したシステムの検証を行った。(1)教員養成における物理学実験で、開発したシステムを稼働させ、実際に教育学部2年生がこのシステムで実験を行った。平成28年度に振り子の周期測定システムに、重力加速度の計算ならびに誤差計算を行うプログラムを加えた。このシステムを使用した学生に対して、アンケートを行い、問題点などを検証した。概ね、利用し易いシステムであるという結果を得た。(2)現職教員の利用という点で、平成29年度に行った教員免許講習において、本研究でおこなっているArduinoマイコンボードの照会や、プログラムの作成などを行った。平成29年度に告示された学習指導要領では、小学校においてプログラム学習が導入される。小学校で導入されるプログラム学習は、小学生用に簡易化されたものであり、プログラム学習の目的は、プログラム言語の習得ではなく、フローチャートなどのアルゴリズムの習得とされている。しかし、それを指導する教員は、ある程度プログラム言語の知識が必要だと考えられるArduinoを用いたプログラム学習は、アルゴリズム入門であるとともに、使用する言語がC言語に準拠しているため、本格的なプログラム開発にもつながる有用な学習だと考えている。講義において、振り子の周期を測定するシステムを紹介したところ、「意外に簡単である」との感想を得ることができ、本システムの有用性を確信することができた。



免許更新講習での実演

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 2 件)

近藤一史，並木俊樹，大向隆三，津田俊信

「マイコンボードを利用した教員養成における物理学実験」

日本物理学会、2017年

近藤一史，並木俊樹，山際勇也，石田卓矢，柴崎健多，大向隆三，津田俊信

「マイコンボードを利用した教員養成における物理学実験」

日本物理学会、2016年

〔その他〕

小中合同理科教育研修会 2018年2月

教員免許状更新講習 2017年8月

6. 研究組織

(1)研究代表者

近藤一史 (KONDO, Hitoshi)

埼玉大学・教育学部・教授

研究者番号：40178421

(2)研究分担者

大向隆三 (OHMUKAI, Ryuzo)

埼玉大学・教育学部・准教授

研究者番号：40359089