

## 音声信号によるデータ通信を利用した距離計測・制御教材の開発

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 静岡大学教育学部 公開日: 2011-06-20 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 杉村, 竜也, 渡邊, 肇也, 紅林, 秀治, 西ヶ谷, 浩史, 江口, 啓 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00005693">https://doi.org/10.14945/00005693</a>

# 音声信号によるデータ通信を利用した距離計測・制御教材の開発

Development of a Measurement and Control Teaching Material  
by Using Data Communication Through Audio Signal Lines

杉村 竜也\*・渡邊 肇也\*・紅林 秀治\*\*・西ヶ谷 浩史\*\*\*・江口 啓\*\*  
Tatsuya SUGIMURA, Toshiya WATANABE, Shuji KUREBAYASHI,  
Hirofumi NISHIGAYA and Kei EGUCHI

（2010年10月6日受理）

## Abstract

This research was focused on developing and introducing teaching material, aiming for effective teaching and learning about measurement and control with computer in technical education. A novel teaching material employing audio terminals was proposed in substitution for USB (Universal Serial Bus) interface which is relatively expensive as teaching material. Then, their properties as teaching material were verified by conducting an experimental class for university students. Consequently, proposed material has enable data communication through audio signal lines with relatively low cost, which could synthesize with discrete elements on breadboard. It was proofed as effective and interesting teaching material by questionnaire from students, which showed high potential on applying into various teaching materials cooperating with many types of sensor like light, temperature, touch, etc.

## 1. 緒言

平成24年度から完全実施される新学習指導要領<sup>1)</sup>において、中学校技術・家庭科技術分野では、現行の学習指導要領では選択だった、D 情報に関する技術の（3）プログラムによる計測・制御が必修化された。更に、技術分野においては、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、並びに、C 生物育成に関する技術が必修となる。その一方で、技術・家庭科の年間授業時数は現行の学習指導要領のままである。これらのことから、生徒に全ての内容を学習させるためには、これまで以上に効率良く学習内容を生徒に理解させる教材が必要である。

プログラムによる計測・制御については、新学習指導要領の導入以前より、教材販売会社や教師の個人製作によるロボット教材が広く使用されている。一般的なロボット教材は、単独あるいは複数のセンサ等の入力部品およびモータ等の出力部品を組み合わせで作られている。こ

---

\* 静岡大学教育学研究科修士課程

\*\* 静岡大学教育学部

\*\*\* 静岡大学教育学部附属島田中学校

これらの部品の組み合わせにより、ロボット教材は動作の種類が豊富であり、マイクロコントローラ等の機能IC (Integrated Circuit) によってプログラム制御が容易に行なえる。また、自分で作成したプログラムでロボットを自由に制御できることから、生徒の関心と意欲を引き出すことができる。更に、材料加工、はんだ付け等の電気工作や各動作機構の理解といった学習も可能であり、製作を通じて複数の内容を学習することができる非常に学習効率が良い教材であるといえる。

しかしながら、これらのロボット教材においては、授業時数の多くを製作の時間が占めており、教師の指導力によって内容の理解、及び、深化を十分に行なうことができるかが左右されるという問題がある。また、PC (Personal Computer) の通信インターフェースには、一般的にUSB (Universal Serial Bus) が採用されており、専用のIC<sup>2)</sup>~<sup>4)</sup>を用いる必要があるため、教材の価格を上げる一因となっている。

以上の問題を鑑み、本研究では音声信号によるデータ通信を利用した距離計測・制御教材の開発を行なった。

## 2. 従来の計測・制御教材

これまでに、数多くの計測・制御教材<sup>5)~12)</sup>が開発・利用されている。特に、計測・制御の要素を取り入れたロボット教材が、現在技術・家庭科の授業で広く使われている。また、市販されている教材については、計測・制御学習を行なう上でロボットに求められる要件を検討し、それに基づき各教材を評価する研究も行なわれている。

これまでに研究報告されている教材の多くは、LEGO社のレゴ・マインドストームという教材に用いられているRCX (Robotic Command Explorer) と呼ばれるCPU内蔵のブロックを利用して、これらの教材の利点は、製作及び制御が容易である点が挙げられる。一つ目の製作の利点に関しては、はんだ付けをする箇所が少ない、あるいは、まったく無いものがほとんどである。二つ目の制御の利点に関しては、制御ソフトウェアの多くがアイコンを配置し、それらを線で結ぶフローチャート型の制御を採用しており、プログラムに関する知識が無い場合でも容易に制御を行なうことができる。しかしながら、これらの教材は価格が高価であるという問題点がある。また、新学習指導要領では、プログラムによる計測・制御が明記されており、フローチャート型の制御はプログラム学習の導入としては適切であるが、生徒自身がプログラムを記述していく本格的なプログラム学習においては、その学習効果は十分ではないと考えられる。

他方、通信インターフェースについては、USBのほか、RS232C及びオーディオ端子を採用しているものが多い。USBについては、現在販売されているほとんどのPCに実装されているが、前述の通りドライバのインストール等の特別な作業や専用ICを使用する必要があり教材価格が上昇するという、また、ドライバのインストール時のエラー等に対する対処が現場の教員では難しいということが問題点として挙げられる。一方、RS232Cについては、PCに実装される割合が年々減少傾向にあり、将来的に授業を継続していくにあたり、実用的であるとは言い難い。オーディオ端子については、前述の2種類のインターフェースの問題点を回避できるが、PCから教材に対してプログラムを転送する単方向通信に限定されているため、PCの画面上に計測データをリアルタイムで表示するといった、PCを活用した計測ができないことが問題点として挙げられる。

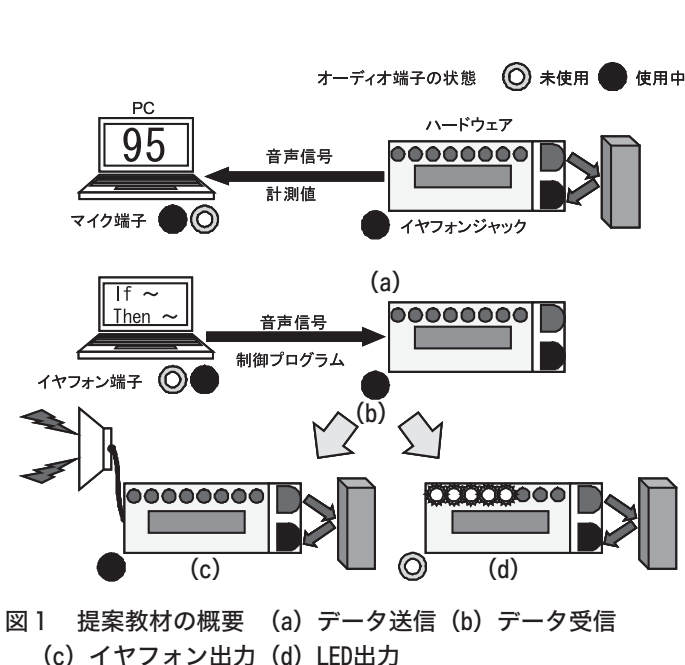
### 3. 提案教材の構成

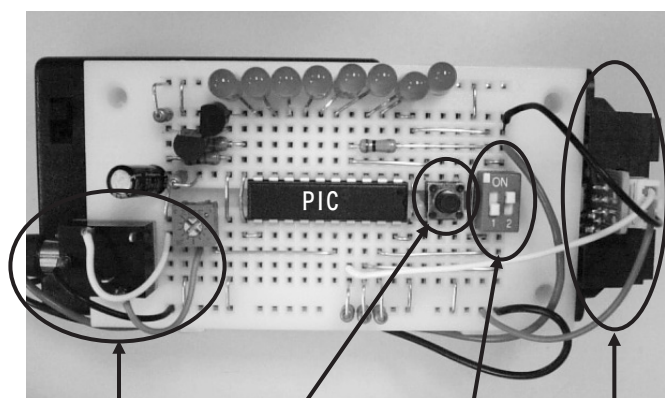
#### 3. 1 提案教材の概要

図1に提案教材の概要、また、図2に提案教材の全景を示す。提案教材はブレッドボード上に生徒が回路素子を実装することで組み立てるハードウェアと、PC上で動作し、距離センサからの計測値を表示、及び、制御プログラムを作成するためのソフトウェアで構成されている。

提案教材は、PIC (Peripheral Interface Controller) のA/D変換機能によって距離センサの出力電圧を256分割し、PCと接続している場合においては、専用のソフトウェアを使用して、図1 (a) のように計測値を数値としてソフトウェア上で表示すること、及び、図1 (b) のように制御プログラムを作成してハードウェアに送信することができる。また、PCと接続していない場合においては、制御プログラムに基づき計測値に応じて、図1 (c) のようにイヤフォン端子に接続されているイヤフォンから発する電子音の音階を変化させることや、図1 (d) のように8個のLED (Light Emitting Diode) を点灯させることができる。

このように提案教材は、ハードウェア及びソフトウェアを用いて、プログラムによる計測・制御の学習を支援する教材である。なお、オーディオ端子にはアナログ入出力端子とデジタル入出力端子があり、提案教材ではより一般的なアナログ入出力端子を用いている。また、音声信号はアナログ信号であるが、PC等のコンピュータはデジタル信号で動作している。このため、PCにおいては、A/D・D/Aコンバータによってアナログ信号の入出力を可能にしている。提案教材のハードウェアにおいては、デジタル信号で入出力を行っているため、ハードウェアとPCとの通信の際にはPC側が音声信号を擬似的なデジタル信号に変換して送信している。具体的には、データを2進数に変換し、1の場合は信号を出力し0の場合は信号を出力しないことによって、ハードウェア側でデジタル信号と同様に処理することが可能であり、ハードウェアとPCとの通信ができる。





イヤフォン端子 タクトスイッチ DIPスイッチ 距離センサ

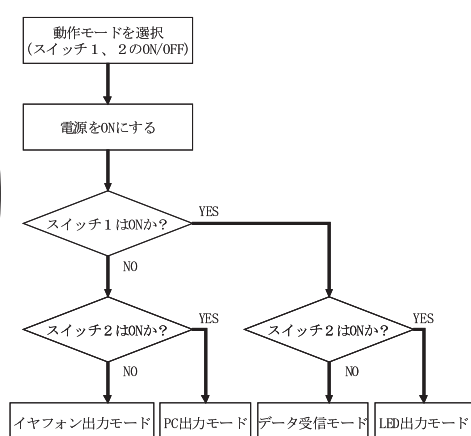


図4 ハードウェア操作のフローチャート

図3 ハードウェアの外観

### 3. 2 ハードウェアの構成

図3に今回製作したハードウェアの外観を、また、図4にハードウェア操作のフローチャートを示す。まず、ハードウェアにおける操作、及び、動作の流れを以下に示す。

- (1) 動作モードを選択する。動作モードは、図3中央右にある2回路のDIPスイッチをそれぞれON、または、OFFにすることにより、表1に示すように以下の4モードを選択することが可能である。
- (2) 電源をONにする。電源スイッチは電池ボックスに搭載されているものを使用する。
- (3. 1) PCからデータを受信するモードを選択した場合、専用ソフトウェア内でデータを音声信号に変換し、PCのイヤフォン端子からオーディオケーブルを通してハードウェアのイヤフォン端子のL側に音声信号が出力される。しかしながら、PCから送信される音声信号は電圧振幅が約1Vであり、PICでは「Hi」「Low」の判別が困難なことから、ダーリントン接続によるトランジスタ増幅回路によって電圧振幅を約6Vに増幅する。これにより、PCからの音声信号をPICで受信しデータに変換し直すことができる。
- (3. 2) 計測値をPCに出力するモードを選択した場合、距離センサの計測値をPICにより音声信号に変換し、ハードウェアのイヤフォン端子のR側からオーディオケーブルを通してPCのマイク端子に出力する。
- (3. 3) 計測値をイヤフォンに出力するモードを選択した場合、距離センサの計測値に応じて、制御プログラムで決められた音階の音声信号をPICで生成し、イヤフォン端子のR側から接続されたイヤフォンに出力する。

表1 モード切り替え

スイッチ1	スイッチ2	モード
OFF	OFF	イヤフォン出力
ON	OFF	データ受信
OFF	ON	PC出力
ON	ON	LED出力

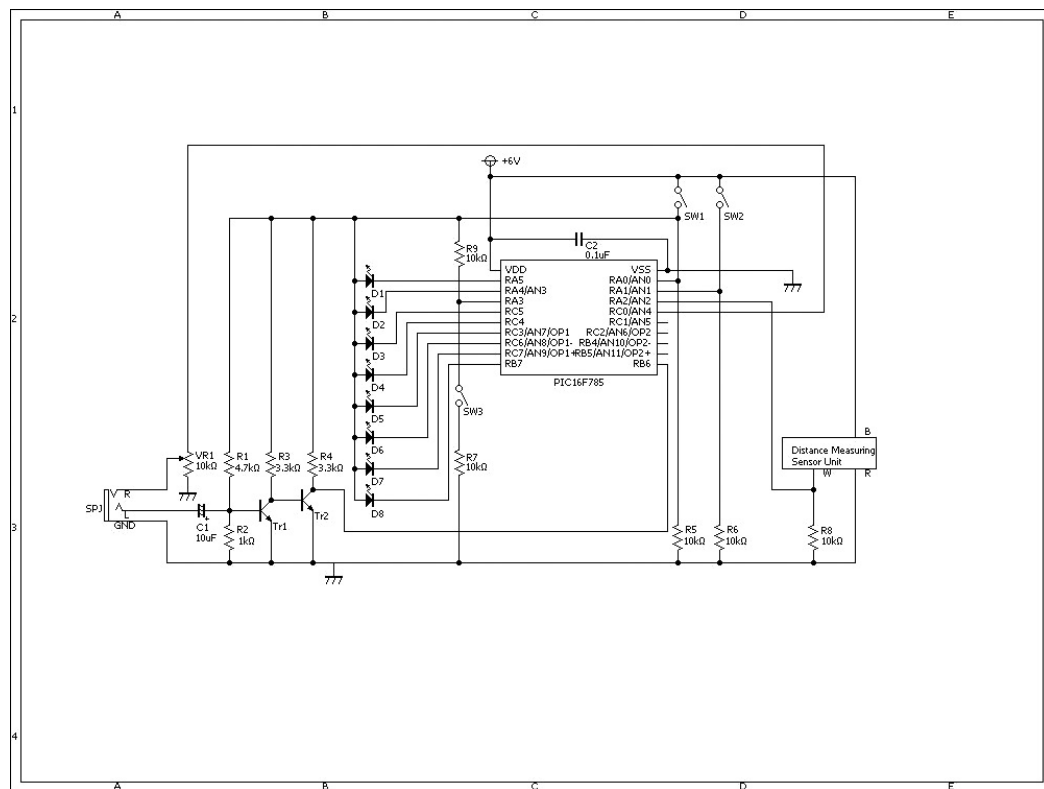


図5 ハードウェアの回路図

(3. 4) 計測値をLEDに出力するモードを選択した場合、距離センサの計測値に応じて、制御プログラムで決められたPICの出力端子から各LEDに出力信号を出力する。

次に、図5にハードウェアの回路図を示し、ハードウェアの特長について述べる。一つ目に、提案教材においては、ハードウェアとPCとの通信インターフェースとして、オーディオ端子を用いている。オーディオ端子を用いた通信に際しては、まず、ハードウェア側に取り付けられたイヤフォン端子にオーディオケーブルを接続する。次に、ハードウェアからPCにデータを送信する際には、図1(a)のようにPC側はマイク端子に接続し、PCからハードウェアにデータを送信する際は、図1(b)のようにPC側はイヤフォン端子に接続する。このように、送信及び受信側の切り替わりに応じてPCに実装されているオーディオ端子の接続先を変更すること、及び、ステレオジャックの左右の信号線をそれぞれ入力用と出力用に使い分けることで、オーディオ端子においてもハードウェア側のイヤフォン端子1つで、双方向に通信することが可能である。これにより、PCからハードウェアにプログラムを送信するだけでなく、ハードウェアからPCに向けて計測値を送信することができるので、計測値をPCの画面上で確認する等のPCを活用した計測が可能である。

二つ目に、提案教材においては、回路素子を配置する際に基板ではなくブレッドボードを用いている。ブレッドボードとは、多数の穴が開いた樹脂製のボードのことで、内部で上下、または左右の列の穴同士が電氣的に接続されている。これにより、電子部品やコードを穴に差し込むだけで、電気回路を製作することができる。また、製作した回路に誤りがあった、あるいは、ショート等で部品が故障した際には、はんだ付けで製作した場合には、該当部品を取り替



える必要があるために、故障した部品を取り外す作業と新たな部品を取り付ける作業の2度のはんだごて作業を行なわなければならない。しかしながら、ブレッドボードで製作した場合には、これらの修正作業を部品の抜き差しだけで完了できる。このブレッドボードの性質は、電気回路の製作経験があまりない生徒や教員が故障箇所を確認、修理する際に非常に有利である。提案教材においては、電気回路製作の際に問題となる作業時間に対して、その要因の一つであるはんだ付けの作業を省くために、ブレッドボードを使用した。これにより、同規模の回路をはんだ付けで製作する場合に対して、作業の難易度を下げることができる。

### 3. 3 ソフトウェアの構成

図6に提案教材のソフトウェアのトップ画面を示す。前述の通り、ソフトウェアは計測モード、簡易制御モード及びプログラム制御モードの3つのモードを持っている。

#### 3. 3. 1 計測モード

図7に計測モード時の画面を示す。計測モードは以下の3つの機能を有する。

- (a) 計測値の常時表示
- (b) 計測値の保存
- (c) 計測値の2進数表示

はじめに、(b) 計測値の保存について述べる。(a) 計測値の常時表示により、ハードウェアから送られてくる計測値のデータは、約0.2秒ごとに表示される、しかしながら、このデータを常に保存していた場合、例えば1分間全ての計測値を保存すると、1分間だけで300個（1秒あたり5個×60秒）の計測値が保存されることになる。また、計測・制御を行なう際に、生徒が任意のタイミングで計測値を保存することができれば、データを後で見返した際に記録した環境や状況を把握することができ、それを基に、より正確なハードウェアの制御が可能になると考えられる。以上のことから、任意のタイミングで計測値を保存する仕様とした。具体的な動作としては、保存したいタイミングで図3中央に搭載されているタクトスイッチを押すと、PICからPCに向けて送信される信号の中の保存用の信号が「Hi」になる。これをソフトウェアで検

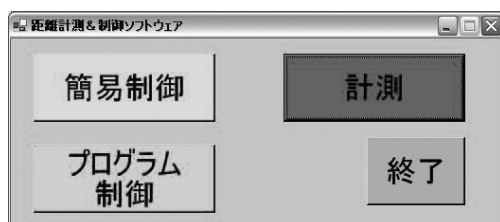


図6 トップ画面



図7 計測モード画面

出することで、タクトスイッチを押す直前の計測値が図7右上の保存リストに追加される。計測終了ボタンを押すと隣に保存ボタンが表示されるので、そのボタンを押すことで、CSV形式のファイルが作成され、保存リストに載っている計測値が保存される。

次に、(c) 計測値の2進数表示であるが、これは計測モード時にデータとして送られてくる計測値を2進数で表示するもので、図7下に示してあるように、2進数と共に対応した方形波による信号波形を表示する。これにより、オーディオ端子を用いてハードウェアからPCにどのような信号が送られてきているかを数字で把握するだけでなく、視覚的なイメージとして確認することができ、情報通信に関する学習の際、理解の支援ができるのではないかと考える。

### 3. 3. 2 簡易制御モード

図8に簡易制御モードの画面を示す。簡易制御モードでは、生徒は数値入力とプルダウン方式の選択肢の中から任意の項目を選択し、ハードウェアの動作を決定する。ここでは、閾値を

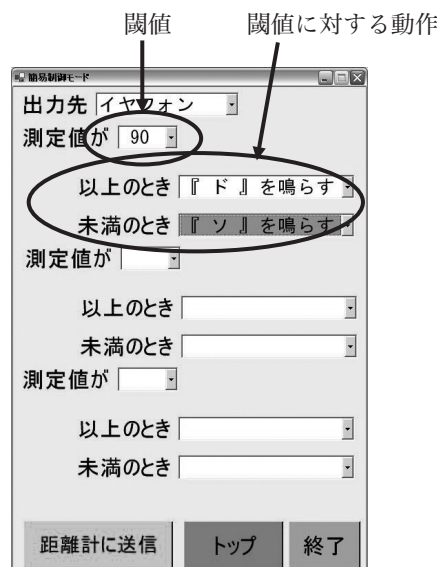


図8 簡易制御モード画面

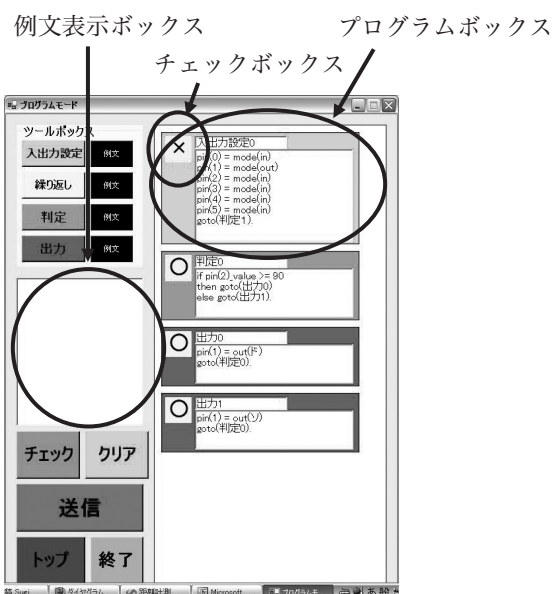


図9 プログラム制御モード画面



定め、センサの計測値と比較し、閾値以上又は未満だった場合のハードウェアの動作を設定する。具体的に、簡易制御モードでは、出力先、閾値、ならびに、閾値以上の場合と未満の場合での2種類の動作の計4つの項目を決定する。閾値とそれに対する動作の組み合わせは最大3つ（閾値3つ、各閾値に対する動作6つ（ $2 \times 3$ ）の計9つ）まで設定可能である。また、出力先とは、イヤフォン又はLEDのどちらかを指す。出力先にイヤフォンを選択した場合には、閾値と比較後の動作が音階の選択になり、LEDを選択した場合は比較後の動作がいくつかのLEDを点灯させるかという選択にそれぞれ切り替わる。このモードでは、プログラムによる計測・制御の導入として、また、プログラム制御が困難な生徒に対して、計測した値を参考に動作を設定し、その制御の様子を直感的に理解させることを目的としている。

### 3. 3. 3 プログラム制御モード

図9にプログラム制御モードの画面を示す。プログラム制御モードでは、生徒自らがプログラムを書込み、ハードウェアを制御する。簡易制御モードとの違いは、制御の柔軟性にある。簡易制御モードが単純な閾値比較とその後の動作を設定するのみだったのに対し、プログラム制御モードでは、より複雑な制御が可能となっている。

まず、プログラム制御モードの操作手順を説明する。プログラム制御モードでは、初めに画面左上のツールボックスから任意のプログラムボックスを選択する。すると、図9右の白い空間上に選択したプログラムボックスが表示される。そして、各プログラムボックス内にプログラムを書き込んでいくことで、最終的な全体プログラムを作成していく。各プログラムボックスには、固有の構文が設定されており、他のプログラムボックスの構文を書き込んだ場合にはエラーが出る。各プログラムボックスにおける構文は、ツールボックス内の例文ボタンを押すことで、ツールボックスの下にある例文表示ボックスに、例文が表示される。ここで、選択処理や反復処理を一般的なフローチャートの様には表現できないため、各プログラムボックスについているラベルとgoto命令を利用する。即ち、各プログラムボックスの構文の最後には必ずgoto命令を配し、次にどのプログラムボックスに飛ぶのかを明記する仕組みとなっている。最終的に全てのプログラムを書き終えた後には、チェックボタンを押し、構文通りか否かをチェックする。ここで、チェックは各プログラムボックス単位で行なわれ、プログラムに誤りがあった場合には、該当プログラムボックス内のチェックボックスに「×」印が、正しかった場合には「○」印が表示されるようになっている。全てのプログラムボックス内のチェックボックスで「○」印が表示されると、作成したプログラムがPCのイヤフォン端子からハードウェアに送信可能となる。

次に、前述の制御の柔軟性について説明する。簡易制御モードは、動作として「ドを鳴らす」や「LEDを4つ点灯させる」といった単一動作の設定しかできない。一方、プログラム制御モードでは、ドを鳴らしたあとミを鳴らす、LEDを4つ点灯させた後一度消灯し再度4つ点灯させる動作を5回繰り返す（点滅）といった複数の動作の設定が可能である。このように、様々な組み合わせを考えることができるため、制御プログラムに対して、生徒が創意工夫できる余地を確保することができたのではないかと考えられる。

## 4. 提案教材の有効性の検証

### 4. 1 検証方法

提案教材を実際に製作してもらい、そこから得たアンケート結果をもとに有効性の検証を行った。検証に際しては、提案教材が試作段階であることを踏まえ、また、教育現場での実践の前段階として静岡大学教育学部技術教育専修の学生5名を対象とした。当該学生は、全員が学部3年生以上であり、教育実習並びに、技術教育の教科専門の必修単位を履修済みである。また、将来中学校技術・家庭科技術分野、又は、工業高校の教員になることを希望している。このため、当該学生で有効性の検証を行なうことで、次段階で教育現場での実践を行なう際に、有益な情報が得られると考える。

検証にあたっては、マニュアル配布のもとで提案教材を学生に製作してもらい、ソフトウェアによる計測・制御については、デモンストレーションを行なった。そして、製作終了時にアンケートを配布して、教材に関する意識調査を行なった。アンケートについては5件法を用いて、無記名で回答してもらう形式とした。

### 4. 2 検証結果

表2に、今回調査したアンケートの質問項目と、集計結果の平均値と標準偏差 (SD:Standard Deviation) を示す。また、図10にアンケートの集計結果の平均値と標準偏差を示す。表2及び図10 (a) より、Q6を除いた全ての項目に関して4以上の回答を得ることができた。ここで、Q5及びQ6に関しては、提案教材の評価に直接関わるものではない。また、平均値は3より

表2 質問項目と集計結果

	質問項目	平均値	SD
Q1	提案教材は、製作が容易であったか？	4.40	0.55
Q2	提案教材は、コンピュータを利用した計測制御の基本的な仕組みを理解する際、有効だと思うか？	4.40	0.55
Q3	提案教材は、簡単なプログラム作成の学習をする際、有効だと思うか？	4.60	0.55
Q4	提案教材は通信速度や通信の精度等で満足する計測・制御を行なうことができたか？	5.00	0.00
Q5	コンピュータによる計測・制御で教材を製作させる際、同時に電気回路の組み立て(配線)・点検を学習させたいと思うか？	4.80	0.45
Q6	電気回路の組み立て(配線)・点検は得意であるか？	3.00	1.41
Q7	提案教材は、電気回路の組み立て(配線)・点検を学習する際、有効だと思うか？	4.60	0.55
Q8	提案教材は、中学校技術・家庭科の授業で導入できると思うか？	4.60	0.55
Q9	提案教材は、高校の授業で導入できると思うか？	4.20	1.30
Q10	将来、中学校または高校の教員になった場合、提案教材を利用したいか？	4.20	0.84

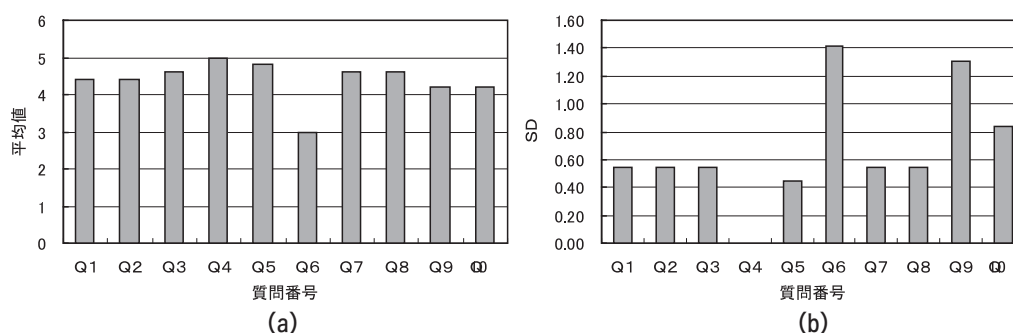


図10 集計結果 (a) 平均値 (b) 標準偏差 (SD : Standard Deviation)

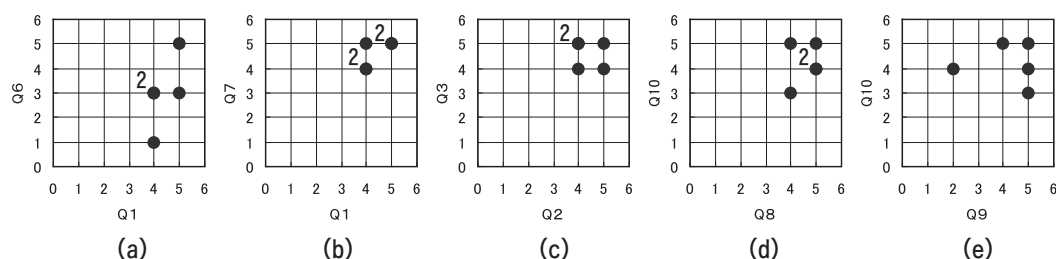


図11 クロス集計の結果（点左上の数字は同一点上の重複したデータ数を示す）

(a) Q1 vs Q6 (b) Q1 vs Q7 (c) Q2 vs Q3 (d) Q8 vs Q10 (e) Q9 vs Q10

大きい場合には肯定的な回答、3より小さい場合には否定的な回答である。即ち、提案教材の評価に直接関わる全ての項目に関して肯定的な回答を得ることができたといえる。

図11にアンケート結果に関してクロス集計を行なった結果を示す。なお、図11中の点が調査人数の5より少ないことに関しては、同一の点に重複したデータが複数個存在するためである。

図11 (a) においては、縦軸にQ6、横軸にQ1の回答結果の平均値を設定している。このため、グラフ中の点が横軸の3より大きい領域に存在する場合には、提案教材は、製作が容易であると当該学生が感じていることを意味する。ここで、電気回路の組み立て（配線）・点検はBエネギー変換に関する技術の学習内容であるが、Q5の平均値が高いことから明らかなように、プログラムによる計測・制御と併せて学習させたいと考えている学生が多い。このため、提案教材においても、特長のひとつとして電気回路の製作が容易にできるということを挙げている。図11 (a) からわかるように、今回の検証においては、電気回路の組み立て（配線）・点検が得意、不得意であるに関わらず、全員から提案教材の製作が容易であるという回答を得ることができた。このため、提案教材に関して、電気回路の製作を行なう能力に関わらず、容易に製作可能であると全ての学生が感じていることがわかる。

図11 (b) においては、縦軸にQ7、横軸にQ1の回答結果の平均値を設定している。このため、グラフ中の点が各軸とも3より大きい（右上）の領域に存在する場合には、提案教材は、製作が容易であり、かつ、電気回路の組み立て（配線）・点検を学習する際に有効であると当該学生が考えていることを意味する。図11 (b) からわかるように、今回の検証においては、提案教材に関して、製作が容易であっても、電気回路の組み立て（配線）・点検を学習する際に有効であると全ての学生が考えていることがわかる。

図11 (c) においては、縦軸にQ3、横軸にQ2の回答結果の平均値を設定している。このため、グラフ中の点が各軸とも3より大きい（右上）の領域に存在する場合には、提案教材は、コンピュータを利用した計測制御の基本的な仕組みを理解する際に有効であり、かつ、簡単なプログラム作成の学習をする際に有効であると当該学生が考えていることを意味する。すなわち、新学習指導要領技術・家庭科技術分野のD情報に関する技術の(3)プログラムによる計測・制御を学習する際、提案教材が有効であるということを示している。図11 (c) 及びQ4の平均値からわかるように、今回の検証においては、提案教材は、プログラムによる計測・制御を学習する際に有効であると全ての学生が考えていることがわかる。

図11 (d) においては、縦軸にQ10、横軸にQ8の回答結果の平均値を設定している。このため、グラフ中の点が各軸とも3より大きい（右上）の領域に存在する場合には、提案教材は、中学校技術・家庭科の授業で導入可能であり、かつ、将来中学校の教員になった場合、提案教

材を利用したいと当該学生が考えていることを意味する。図11 (d) からわかるように、今回の検証においては、提案教材は、中学校技術・家庭科の授業で導入可能であり、かつ、将来中学校の教員になった場合、提案教材を利用したいと大半の学生が考えていることがわかる。

図11 (e) においては、縦軸にQ10、横軸にQ9の回答結果の平均値を設定している。このため、グラフ中の点が各軸とも3より大きい(右上)の領域に存在する場合には、提案教材は、高校の授業で導入可能であり、かつ、将来高校の教員になった場合、提案教材を利用したいと当該学生が考えていることを意味する。ここで、提案教材は、中学校におけるプログラムによる計測・制御の学習支援を主として、開発されている。しかしながら、工業高校においても計測制御の内容は存在しており、工業高校の教員免許を取得中の学生もいることから、工業高校における提案教材の可能性についても検討した。図11 (e) からわかるように、今回の検証においては、提案教材は、高校の授業で導入可能であり、かつ、将来高校の教員になった場合、提案教材を利用したいと過半数の学生が考えていることがわかる。

最後に、Q6、及び、Q9の標準偏差について言及する。どちらも、他の質問項目の標準偏差に対して突出した数値を示している。これらは、今回検証対象とした大学生の電気回路に関する製作経験、及び、進路に対する考えが影響していると考えられる。

まず、Q6においては、対象とした5名のうち、2名は工業高校出身であり、残りの3名は普通高校出身である。工業高校の出身者は多くの場合、高校時代に電気回路の製作を行なっている。一方、普通高校の出身者は、大学入学以前の電気回路製作の機会は、基本的に中学校の技術・家庭科のみであり、電気回路の製作経験は極めて少ないといえる。また、大学入学後においても、電気回路製作の機会は、必修科目では2年後期に受講する実習1つのみである。これらのことから、当該学生の検証以前の電気回路の製作経験に大きな差が生じていたことが考えられる。このため、今後提案教材の有効性を検証する際、大学生を対象とした場合には事前に電気回路の製作経験がどの程度あるのかを調査し、製作経験に応じてグループ分けをする等、検証方法の改善が考えられる。

次に、Q9においては、当該学生の中で工業高校の教員免許を取得中の学生がいたため検証を行なうことにした。しかしながら、全員が工業高校の教員免許を取得しているわけではなく、かつ、取得中の学生においても将来は中学校技術・家庭科の教員を希望しているものもいる。さらに、前述のように普通高校の出身者もいるため、工業高校の授業に対する予備知識に隔たりがあったと考えられる。このため、今後提案教材の有効性を検証する際、大学生を対象とした場合には事前に工業高校に対する意識調査をして、調査結果に応じてグループ分けや、この質問事項を追加・削除する等、検証方法の改善が考えられる。

## 5. 結言

本研究では、音声信号によるデータ通信を利用した距離計測・制御教材の開発を行なった。そして、提案教材の有効性については、大学生を対象に実際に提案教材を製作してもらい、アンケートによる評価に基づいた検証を行なった。

その結果、次の点が明らかになった。

- (1) オーディオ端子を用いたことで、安価に製作できた。
- (2) ブレッドボードを用いたことで、容易に電気回路の製作及び修正ができた。

また、アンケートより、次の項目を証明することができた。

- (1) 提案教材は、プログラムによる計測・制御を学習する際に有効であった。
- (2) 提案教材は、電気回路の製作を行なう能力に関わらず、容易に製作可能であった。
- (3) 提案教材は、中学校技術・家庭科及び高校の授業で導入可能であった。

以上のことから、提案教材は、計測制御の学習に対して効果的かつ興味深い教材であることを証明することができ、また、温度や光、及び、圧力等色々な種類のセンサと併せて、様々な学習の教材として応用することができる可能性を示すことができた。

今後の課題としては、実際に中学校で授業実践を行い、より正確な有効性の検証を行なうこと等が挙げられる。

### 参考文献

- 1) 文部科学省：「中学校学習指導要領 解説 技術・家庭編」(2008)
- 2) 後閑哲也：「PICで楽しむUSB機器自作のすすめ」技術評論社 (2006)
- 3) インターフェース編集部編：「改訂新版 USBハード&ソフト開発のすべて」CQ出版社 (2005)
- 4) 横山直隆編著：「USBによる計測・制御実験入門」シータスク (2007)
- 5) 井戸坂幸男、兼宗進、久野靖：「中学校における自立制御ロボットの評価と授業」、第27回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集、pp. 13-16 (2009)
- 6) 嶋田彰子、山菅和良、針谷安男、鈴木道義：「自律型ロボット教材を活用したプログラムと計測・制御学習に関する授業方法の開発と評価」、日本産業技術教育学会誌第49巻第4号、pp. 25-33 (2007)
- 7) 森慎之助、山本透：「融合教材“インテリジェントハウス”を使用したプログラムと計測・制御学習」、日本産業技術教育学会誌第49巻第4号、pp. 51-58 (2007)
- 8) 伊藤陽介、森誉範、菊池章、大泉計：「「プログラムと計測・制御」のためのロボット学習材の開発と実践」、日本産業技術教育学会誌第49巻第3号、pp. 29-37 (2007)
- 9) 森慎之助：「ロボット教材を用いた制御・プログラミング学習の授業実践と作業分析」、日本産業技術教育学会誌第47巻第3号、pp. 27-33 (2005)
- 10) 道法浩孝：「科学技術教育におけるUSBインターフェースを活用した計測・制御教材の開発」、高知大学教育学部研究報告第69号、pp. 127-134 (2009)
- 11) 古田貴久・奥木芳明：「中学校・技術のための鉄道模型制御教材Grailの開発」、群馬大学教育実践研究、pp. 173-182 (2010)
- 12) 西正明、北川正史、村松忠道：「音声信号を用いたパソコン測定装置の教材開発」、日本産業技術教育学会誌第47巻第2号、pp. 9-16 (2005)