

## タブレットPCを用いた情報学習教材の試作

宮崎英一, 有友誠\*, 渡邊広規\*\*

(技術教育) (附属高松中学校)\* (附属坂出中学校)\*\*

760-8522 高松市幸町1-1 香川大学教育学部

\*761-8082 高松市鹿角町394番地 香川大学附属高松中学校

\*\*762-0037 坂出市青葉町1番7号 香川大学附属坂出中学校

## Prototype of Junior High School Technology Teaching Materials using Tablet PC

Eiichi MIYAZAKI, Makoto ARITOMO and Hiroki WATANABE

*Faculty of Education, Kagawa University, 1-1 Saiwai-cho, Takamatsu 760-8522*

*\*Takamatsu Junior High School Attached to the Faculty of Education, Kagawa University  
394, Kanotuno-cho, Takamatsu, 761-8082*

*\*\*Sakaide Lower Secondary School Attached to the Faculty of Education, Kagawa University  
1-7, Aoba-cho, Sakaide, 762-0037*

**要旨** 本研究ではタブレットPCに実装されているセンサからBluetoothを介してサーボモーターの制御を行うシステムを開発した。これはタブレットPCに搭載されている加速度センサを用いてタブレットPCの傾きでサーボモーターの回転角度を決定するのである。本システムでは、タブレットPCといった我々に身近なICT機器を用いて中学校技術の「プログラム・制御」を体験的に学習可能なため、手に取れる形でのプログラム教育を行える教材としての可能性がある。

**キーワード** 技術教材, タブレットPC, プログラム学習, Bluetooth, 制御

## 1. はじめに

現在の中学校の技術教育においては「情報に関する技術」<sup>1)</sup>が必修となった事によってその時代に対応した新しい情報教材の開発が望まれている。その中で、[デジタル作品の設計・制作]、[プログラムによる計測・制御]分野では、従来の教材を延長した形では、最近のIT機器の発展に対応しきれず、適切な教材開発が望まれていた。

これらの教材の多くは従来通りの据え置き型のパーソナルコンピュータを用いた開発環境下のみで制作・実行がなされたり、専用の拡張ボード等のハードウェアが要求されたりする事が多かった。このため、スマートフォンやタブレットに代表されるこれからのICT機器を応用した教育現場での対応が困難であった。そこで本プロジェクトでは、これらの問題点を解消するためにタブレットPCをシステムのコアとし、これとBluetoothで接続されるユニバーサルなインターフェースを備えたインターフェースシステムを自作した。さらにこれを用いたプログラムと計測・制御の学習を同時に行える新しい情報教材の開発を提案するものである。

タブレットPCを用いたプログラミング学習用教材が中学校の情報教材として取り上げにくい点は

- 1) タブレットPCという限定的な環境下でのプログラミング開発環境の構築
- 2) タブレットPCのユーザインターフェースの不足

の2点である。本プロジェクトでは、1)に関してはProcessing（タブレットPCで実行可能なプログラム言語）と、Arduino（入出力インターフェース制御言語）を組み合わせる事で、タブレットPCのみで構築可能な開発環境を試作する。ここでは、学習者（児童・生

徒）に対して入出力インターフェース部分は完全なブラックボックスとなっている。そのため、学習者はこの部分は予め与えられたライブラリとして利用できるため、最小の時間コストで本質的なプログラミング学習にのみ時間を集中する事が可能になる。

2)に関しては、Bluetoothを用いた汎用型の入出力インタフェースボードとこれに接続するセンサシステムを試作した。これは無線でタブレットPCとインターフェースを接続するので、比較的多くの種類のタブレットで運用可能な事、またコードを取回す必要がなく、どこでも持ち運べて運用が可能のため、従来のシステムと比較してより広範囲でのセンサによる計測・制御が可能になる。

## 2. センサとしてのタブレットPC

普段、我々が使用しているタブレットPCはメールやニュース、ネットショッピング、動画の視聴や、マップを用いた位置検索等を使用する事が多く、小型のコンピュータとして利用する事がほとんどである。しかしタブレットPCは様々なセンサを搭載し、それらの情報を様々なネットワーク（セルラー、Wi-Fi、Bluetooth等）を介して送受信ができるネットワーク型センサシステムでもある。

中学校技術教育における「プログラムによる計測・制御」の先行研究<sup>2),3)</sup>を見るとデスクトップPCを母艦とし、各種センサを実装した拡張ボードやマイクロコントローラの制御を行う教材が多く見受けられる。これはデスクトップPCとUSBやRS232Cのインターフェースを介して接続し、プログラムによって温度や明るさ、あるいは押釦スイッチ等の状態を測定し、各種制御を行うものである。これらの拡張ボード類は組み込み機器の制御に用いられるマイクロコントローラを用

## タブレットPCを用いた情報学習教材の試作

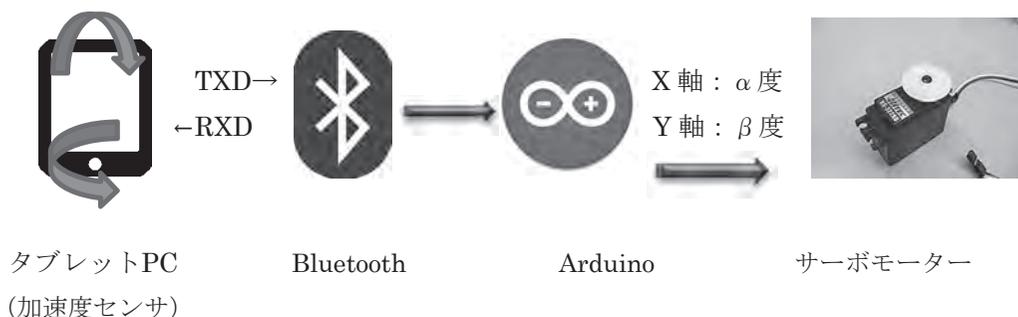


図1 システム概略図

いて自作される場合が多い。これはシステムが、中学校技術のプログラム学習教材として使用されることから、センサから送信されるデータのプロトコル等の自由度を確保する（後で、中学生が作成できるプログラムレベルでデータを理解しやすい形で設定可能）ためである。しかし一方、ハードウェアを自作したり、コントローラの制御プログラムを作成したりする必要があるため、教師側の時間とコスト面からも負担になる事が多い。そのため、これらのシステムは教材として簡単には取り上げにくいという問題があった。

そこで本研究ではタブレットPCに着目し、これをセンサシステムとして応用する。多くの市販タブレットPCには、加速度、光、GPS、ジャイロ、タッチ等の多くのセンサが予め組み込まれており、プログラムから簡単にこれらのセンサの制御が可能である。さらに通信機能も、長距離用のセラー、近距離用のWi-Fi、Bluetoothと揃っており、教材の目的に応じて選択が可能である。これらを利用する事で教師は拡張ボード等を自作する負担が減少するだけでなく、センサ群を組み合わせる事でより自由度の高い教材の提供が可能になると考えられる。

### 3. 制御教材システムの概要

本研究ではタブレットPCを加速度センサとし、タブレットPCの傾きに応じて外部のサーボモーターの位置制御を行うシステムを試作した。このシステム概略を図1に示す。これは、ロボットアームを遠隔から操作する手術支援ロボットや障がい者の入力支援等を行うシステムのプロトタイプという位置づけであり、本教材を通してプログラムや制御といった基礎的学習内容だけでなく、これらの技術を学習する動機づけの意味も持つ。

#### 3.1 タブレットPC

本研究で使用使用するタブレットPCは、GoogleのNexus 7 (2012)を用いた。これは数年前の古いものであり、最近では使用される事が少ない機種である。しかし一応のセンサ群も備えており、教材として使用するには何ら問題がない。本システムは、古い機種でも利用が可能であるため、学校現場で用いる時に、旧機種の再利用という利点もある。その結果多くの台数が導入可能となるため、グループ毎ではなく個人レベルでのセンサ機器の導入が見込まれるという利点がある。また、学校だけでなく、家庭での使用も可能であり、日常生活においてもこれらの利用が期待できる。

本研究で試作したタブレットPC用のプロ



加速度センサーの軸

図2 加速度センサ座標軸

グラム<sup>4)</sup>は以下の機能を有す。

1) 図2に示すように、3軸加速度センサからx, y, z軸の加速度を測定する。

2) Bluetoothを介して測定した加速度データを相手機器に送信する。

本研究ではProcessing言語を用いて、これらの機能を実装した。加速度センサの制御には「ketai.sensors」ライブラリ<sup>5)</sup>を、Bluetoothの制御には「ketai.net.bluetooth」用いたため、簡単なプログラムで実現可能となった。タブレットPCに実装された加速度センサは重力加速度をキーとし、タブレットPC正面軸の加速度をZ軸、同右側からの加速度をX軸、同上側からの加速度をY軸にそれぞれ正の方向として計測している。本研究では2自由度のサーボモーターを制御対象としているので、3軸加速度センサのうち、X軸とY軸の2次元データのみを測定・送信している。この関数プログラム部分(onAccelerometerEvent(float x, float y, float z))を図3に示す。ここでは、加速度センサに変化が発生した場合、自動的にこの関数がコールされる。測定される加速度は重力加速度を基本としているので、正の方向(タブレットPCの表面を上向きに向けた場合)に対して

```
//Call back method to manage data received
void onBluetoothDataEvent(String who, byte[]
  if (isConfiguring)
    return;
}

void onAccelerometerEvent(float x, float y,
{
  accelerometerX = (x/9.8+1.0)*85;
  accelerometerY = (y/9.8+1.0)*85;
  //accelerometerZ = (z/9.8+1.0)*85;
}
```

図3 加速度センサによる測定

9.8m/s<sup>2</sup>の加速度が発生する。これを反対向きに置いた場合(タブレットPCの表面を下向き)、今度は、-9.8m/s<sup>2</sup>の加速度が発生する。これらの測定された加速度からサーボモーターの回転角度を制御する場合、サーボモーターの稼働範囲内の角度に合わせる必要がある。今回使用したサーボモーターは回転可能角度が0~180度となっているので、同関数に示すように

$$\text{accelerometerX} = (x/9.8+1.0) \times 85$$

の式を用いてデータを変換した。その結果、サーボモーターの回転角度は0度(-9.8m/s<sup>2</sup>)から170度(9.8m/s<sup>2</sup>)までになる。ここで最大回転角度を最大限の180度としなかったのは、サーボモーターの回転に安全係数を見込んだためであり、何らかの原因で加速度センサが最大角度を振り切った場合でもサーボモーターの回転可能角度を超えないようになっているので、サーボモーターの焼損を防ぐことが可能である。

### 3.2 サーボモーター制御システム

ここでは組み込み機器の制御に用いられるマイクロコントローラとBluetoothを組み合わせたサーボモーター制御システムを試作した。マイクロコントローラにはこのようなシ

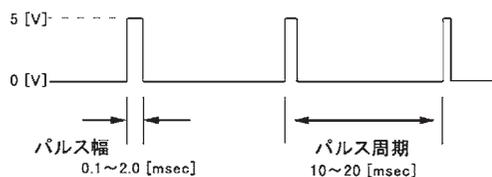


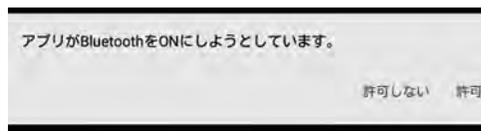
図4 サーボモーター制御パルス

システムで多く使用されているArduino互換機（ダ・ヴィンチ32U with Arduino Bootloader）を用いた。これは安価なだけでなく、初心者にも利用し易いIDEの開発環境を備えている。これは、プログラムのコンパイルやリンクといった手順が学習者には隠蔽されており、ワンクリックでプログラムの書き込みまでが完了してしまうので、システム環境の学習に時間をかけず、プログラム本来の学習に時間を集中できるので、初学者の学習に多く利用されている。

サーボモーターの制御原理を図4<sup>6)</sup>に示す。一般的なパルスモーターの制御にはPWM信号が使用されている。PWMにはパルス幅とパルス周期があるが、多くの場合、パルス周期は1周期約20ms（50Hz）で固定されている。パルス幅がサーボモーターの回転角度となっているが、多くの場合、500 $\mu$ 秒～2500 $\mu$ 秒で0度～180度の回転に対応<sup>7)</sup>する。よってプログラムからパルス幅を制御してやれば、サーボモーターの回転制御が行える。本研究ではArduino開発環境にライブラリとして提供されている「Servoライブラリ」<sup>8)</sup>を利用した。これはサーボモーターの回転角度を指定するだけで、自動的にパルス幅を変調してくれるので、プログラム部分のパルス変換の手間を省くことができた。

### 3.3 Bluetooth通信モジュール

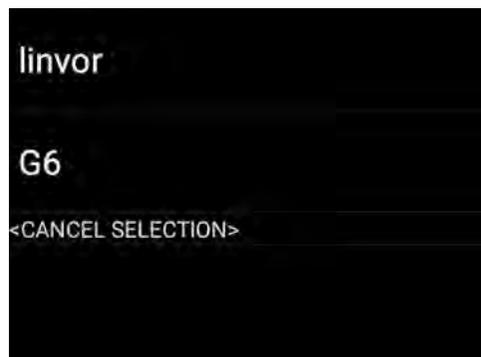
Bluetooth通信部分に関しては市販の



a) Bluetooth ON



b) ペア設定



c) Bluetooth選択画面

図5 Bluetooth設定画面

Bluetoothモジュールを用いた。これはシリアル通信（RS232C）部分をそのままBluetoothに置き換えてくれるものである。このモジュールはSPP（Serial Port Profile）に対応しており、Bluetooth機器を仮想シリアルポートとして動作させている。このためマイクロコントローラからはBluetoothシリアルポートとして認識され、両者の間ではシリアル通信（RS232C）が行われている。よって、プログラムでは予

め両者の通信プロトコル一致させる必要がある。本研究では最も一般的な「9600Baud, パリティ無し, データ長8ビット, ストップビット1」で両者を統一している。使用には駆動電源とTXD（データ送信ピン）とRXD：（データ受信ピン）を接続するだけで利用できる。極めて簡単な回路構成となり、中学生でもBluetooth通信回路が簡単に制作可能である。

図5にタブレットPCで実行されるOSレベルでのBluetooth通信部分を示している。同図a)ではプログラムの起動時にBluetoothの設定を自動的に確認し、Bluetoothが停止している場合は、Bluetoothの立ち上げの許可を確認している状態である。事前にBluetoothの状態を確認するので、未接続に伴う制御の誤操作を防いでいる。同図b)も同じくOSレベルでのBluetoothの設定に伴う、パスワードの設定画面である。ここでは制御を行うBluetoothモジュールの「linvor」という名称が見えている。このようにBluetoothは、デバイス名とパスワードのセットにより、1対1で接続されるので、授業の使用において複数台のBluetooth機器が存在した場合でも混信なく利

用が可能である。ここまでの設定は授業開示前に教員が設定しておく事がプログラミング学習以外の余分な授業時間を割くだけでなく、セキュリティ管理の面からも望ましい。

同図c)はアプリケーションレベルでのBluetooth選択画面である。このように使用されている機器に対してあらかじめ接続設定されたBluetooth機器を提示しているので、生徒は自分が使用したい機器をタップするだけで利用可能になる。またアプリケーションレベルで接続先を選択するので、1つのプログラムだけの準備ですみ、教師の授業構成の負担にならないと考えられる。

### 3.4 ブレッドボード

回路を自作する多くの場合、回路の機械的・電気的安定性を確保するため、各種素子間をはんだ付けして作成する事が多い。しかし本研究では、ブレッドボードを用いて回路を試作した。これは本来、回路のテスト用として使用されてきたが、近年はラピッドプロトタイプの流行からこの形式を用いる事が多い。これは、中学校技術においても作成時間の短縮化、回路の設計変更のし易さ等から今



図6 実際のシステム運用図



図7 加速度センサ測定画面

後は主流になる方法と期待できる。

#### 4. 試作したシステム

本研究で試作したシステムを図6に示す。同図のタブレットPCがセンサ部分であり、このタブレットPCの2次元的な傾きに応じてサーボモーターが追従するものである。タブレットPCとサーボモーターはBluetoothで接続されており、離れた場所から制御可能である。制御中のタブレットPCの画面を図7に示す。同図上部の数字は測定されたx軸とy軸の加速度パラメータを表示している。1秒間に30回の加速度測定を行っているので、測定された数値の表示が間に合わず、残像が残っており、数字が重なって撮影されている。同図下側の2本のバーが測定されたx軸とy軸それぞれの加速度パラメータを示している。

#### 5. さいごに

本研究ではタブレットPCからBluetoothを介してサーボモーターの制御を行うシステムを

開発した。これはタブレットPCに搭載されている加速度センサを用いてタブレットPCの傾きでサーボモーターの回転角度を決定するものである。タブレットPCといった我々に身近なICT機器を用いて制御を行うので、情報教育日常的な体験に結び付けやすいと考えられる。

しかし、本システムと中学校技術の情報教育の「プログラム・制御」として教科内容と関係づけた場合、プログラムを学習する機能との連携が殆ど出来ていない。よって、今後は本システムをどのレベルのプログラム・制御教育として組み込むかを実際の授業構成だけでなく、システムの改良も加えて開発していく必要がある。

#### 6. 謝辞

本研究では香川大学教育学部における平成27年度「学部教員と附属学校園教員による共同研究プロジェクト」の一部として行われたことを記して謝意を示す。

#### 7. 付記

本論文は平成27年度「学部教員と附属学校園教員による共同研究プロジェクト」に伴い発刊された報告書に対して、新たに加筆・修正を行ったものである事を付記する。

#### 8. 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（第2章技術家庭科の目標および内容）。pp.22, 教育図書, 2008.
- 2 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, 道法浩孝, 高知大学教育学部研究報告 第69号, pp.127-134, 2009.
- 3 PIC-GPE と連動した PIC-Monitor の開発,

- 鎮革, 菊地章, 日本産業技術教育学会誌第56巻, 第1号, pp.19-27, 2014.
- <sup>4</sup> スマートフォンの加速度センサを用いた空書表示システムの試作, 宮崎英一, 坂井聡, 谷口公彦, 野田知良, 大野香織, 篠原智代, 香川大学教育学部研究報告, 第II部第64巻, 第2号, pp.79-85, 2014.
- <sup>5</sup> <http://ketai.org/>.
- <sup>6</sup> サーボの動作原理, [http://berry.sakura.ne.jp/technics/servo\\_control\\_p3.html](http://berry.sakura.ne.jp/technics/servo_control_p3.html).
- <sup>7</sup> サーボモーターの制御方法について, <http://www.geocities.jp/zattouka/GarageHouse/micon/Motor/Servo.htm>.
- <sup>8</sup> Servo library, <https://www.arduino.cc/en/Reference/Servo>.