

情報系高校におけるセンサを利用した プログラミング教育の実践と評価

大見 嘉弘† 滑川 敬章‡ 永井 保夫†

概要

情報系高校の生徒が、加速度センサを用いたプログラム作品を制作する授業を5年間実践した。変数や制御構造からイベント処理、図形描画、センサ処理などプログラミングの初歩から本格的な内容まで網羅する授業を行い、大多数の生徒はゲーム等の作品を完成した。授業では、幾何学や力学を取り上げることでプログラミングと数学、科学との関連を意識させるよう工夫した。結果として、生徒は自信をつけ、その後の課題にもその経験を生かしたことを示した。

Practice and Evaluation of Programming Education using Sensors on a High School of Informations

Yoshihiro Ohmi †, Takafumi Namekawa ‡, Yasuo Nagai †

Abstract

We practiced lectures for 5 years which creates a program using an accelerometer. These lectures are for students of high school of informations. This lectures covered from introduction to advanced programming and they consist of variables, control structure, event processing, graphical drawing and sensor processing, etc. As a result almost students finished programs such as video game. In the lectures, it was made to make a student conscious of the relation of programming, and mathematics and science by showing geometry and mechanics. Consequently, the students gave confidence and applied to later subjects.

1 はじめに

近年、コンピュータの利用が浸透しており、初中等教育においても様々な取り組みが行われている。しかし、プログラミング教育については各所で取り組みがなされているが[1][2][3][4]、高等教育と比較するとまだまだ取り組みは多いとはいえない。プログラミングは、コンピュータを意のままに操るという知的な好奇心を満たす創造的活動であり、完成した時の達成感も大きい。また、コンピュータは何ができるか、何に向いているかを見極めることや、論理的思考能力を高めるという副次的効果も期待できる。

今回、我々は高大連携事業の一環として、大学教員が高校一年生に対してプログラミングの授業を5年間実施し、プログラミングの初学者が習得しやすい開発環境を提供した。本授業では、いわゆるフィジカルコンピューティング[5]の一例として加速度センサを利

用した対話型のプログラムを作成し、最終的に大多数の生徒はゲームを完成させることができた。

本論文では、我々が行なったプログラミング教育の特徴、授業で利用した教材、授業内容、結果と評価についてそれぞれ述べる。

2 本実践の特徴

前述のように、我々は初中等教育においてもプログラミング教育を推進すべきだと考えている。しかし、大学におけるプログラミング教育の内容をそのまま持ち込むとうまくいかないことが予想される。そこで、生徒の意欲がわく題材としてゲームなどの対話性の高いプログラム作りに絞り、その目標のために必要な概念を順を追って取り上げることにした。従来のマウスやキーボードを用いたインタフェースに留まらない直感的な操作を行なうためにフィジカルコンピューティングを取り入れることを考えた。様々なセンサ類の中から、特に直感的な操作に向くと思われる加速度センサを用いる。加速度センサを操作デ

† 東京情報大学
Tokyo University of Information Sciences
‡ 千葉県立柏の葉高校
Chiba Prefectural Kashiwaoha Senior High School

バイスとして用いれば、誰でも楽しめるプログラム作品を作ることが可能となる。

また、高校の特徴に合った工夫も行った。柏の葉高校情報理数科は、情報と理数科目を専門とし、情報系、理工系の大学に進学することを目標とした学科である。このため、将来においてもプログラミングを行なう者が多いため高校生の間に十分にプログラミング能力を育成することが望ましい。したがって、表面的な理解に留まらないように、変数や制御構造、配列などの基礎的概念の理解も、時間をかけ丁寧に進めるようにしている。しかし、変数や制御構造、配列などを教える場合、それらの概念を教えるだけでは生徒が退屈しそうな内容が多い。このため、なるべく興味が持てるような例や演習になるように工夫した。

また、本実践では、様々なプログラミング経験が積めるように、豊富なライブラリが用意されている Java ベースの開発環境を使用した。1 年次はゲーム作成で基礎能力を養い、2 年次、3 年次の課題研究において高度なプログラミングを経験する授業を行なっている。

さらに、本実践では単にプログラミングを教えるだけでなく、要所で幾何学や力学などを取り上げ、情報科学と理工系の学問との関連の深さを認識させるように工夫した。

3 本実践の教材

本実践の教材は、プログラミング環境、ハードウェア環境、解説資料から構成される。

3.1 プログラミング環境

本実践では、プログラミング環境として Processing[6][7]を用いた。Processing は画像、アニメーション、インタラクションを扱うプログラムを手軽に作成できるプログラミング言語・環境である。基本的には Java 言語であるが、簡便な開発環境の工夫により、スクリプト言語で書くのに近い感覚でプログラミング作業が行える。また、音響処理、ビデオ処理、3D CG などを平易に扱う外部ライブラリも充実している。そして、フリーソフトウェアであるため、教育機関で導入しやすい。

Processing は当初、メディアアート、インタラクティブアートの開発者向けに作られたが、平易にプログラム作成できライブラリが充実しているという特徴から、他の分野でもプログラミングの入門教育に導入されつつある[8]。

東京情報大学情報システム学科では、Java 言語を中心にプログラミング教育を行っており、その一環として 2006 年から Processing

を研究室内で導入し、2007 年から演習授業で用いてきた。Processing はグラフィック描画やイベント処理などを平易に扱えるという特徴があるため、高校における初學者教育にも向いていると考えた。

3.2 加速度センサ

加速度センサは、任意の物体の動きを検出できるセンサであり、本実践を開始した 2007 年頃には安価になり、入手も容易になった。本実践で用いた 3 軸加速度センサは三次元の加速度を検出でき、動加速度に合わせて重力加速度も検出する。したがって、静止状態でのセンサの地表面に対する傾きも検出できる。

加速度センサは手に持つなりして動かせば即座に反応するため、非常に直感的で身体性に富む。このため、生徒の興味を引きやすいと考える。従来のセンサを用いたプログラミングでは、光量センサのように 1 点の値(光量)しか分からないものや、温度センサのように時間変化が緩やかなものなど、生徒の興味が引きにくい傾向にあった。

3.3 センサの接続

本実践では、加速度センサの値を PC で読み取るために Gainer[5][9]を用いた。Gainer は、PC とセンサやアクチュエータの間をつなぐ I/O モジュールの一種であり、Processing で制御できるライブラリが提供されている。本実践を開始した 2007 年当時、他の I/O モジュールに Arduino[10]があったが、国内での Arduino の入手性が悪かったことや、PC から制御するには Gainer より手間がかかることなどから、Gainer を用いた。しかし、最近では Arduino が普及し、情報源が多いことから、2012 年度は Gainer から Arduino に切り替えることにした。

これらの I/O モジュールは、PC と USB で接続し、USB バスパワーで動作し手軽である。またこれらの I/O モジュールは、電子部品の詳細や回路図、プリント基盤図、ファームウェアを含めたソースが全て公開されているた

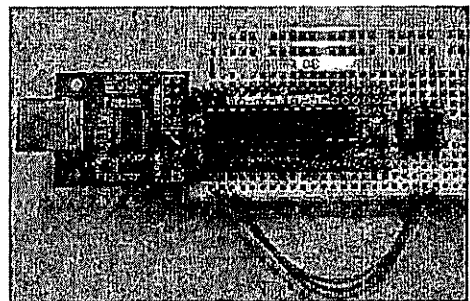


図 1 Gainer のクローン

め、クローンを製作できる。本実践の当初(2007～2009年度)は Gainer が高価であったため、そのクローンを製作して用いた(図 1)。制作費は一式で 1 台 4,000 円程度であった。

また、無線接続に向けた作品を作った生徒は、Gainer の代わりに Wii リモコンを用いるようにした。ただし、Wii リモコンの利用は設定が面倒で接続が不安定な場合があるため、一部の利用に留めている。

3.4 配線部材(ブレッドボード、配線)

I/O モジュール-センサ間の接続にはブレッドボードを用いることにした。ブレッドボードは半田付けの必要がなく、配線を抜き差しすることで容易に結線が変えられるため、違うセンサを使用したり、簡単な電子回路を追加したりする場合に作業が容易である。また、配線が目に見えるため、I/O モジュールとセンサ間が接続されている様子が一目瞭然で、さらに USB ケーブルで PC に接続されていることからデータの流れを理解させやすい。配線は、生徒自身に行わせることで、より実感できるようにした。また、ブレッドボードは手で握って操作しやすいように、細長い形状のものを採用した(図 1)。

3.5 解説資料

本実践を行うにあたり、講義や演習を進めるための解説資料を 2008 年に用意した。解説資料は PowerPoint で作成したスライドであり、講義中に教員が示しながら解説したり、生徒が適宜復習するために用いた。資料の内容を表 1 に示す。

解説資料の大部分は、東京情報大学情報システム学科の 3 年次の授業向けの資料を流用している。ただし、表 1 の(3) 基本概念と(7) 配列については、初学者向けに新たに加筆した。

本資料の詳細は省略し、特徴的な部分のみ、4.2 節で実践内容と併せて述べる。詳細は文献[11]を参照願う。

4 プログラミング講座の実践

4.1 実践の概要

ここでは、柏の葉高校で行ったプログラミング教育の実践内容について述べる。

本実践は柏の葉高校情報理数科が開設された 2007 年度に合わせて「プログラミング講座」として開始された。以降、この講座を本講座と呼ぶ。本講座の対象は情報理数科の 1 年生であり、受講を希望する生徒のみが参加する課外授業として実施した。期間は概ね 6 月～2 月であり、その中で放課後に 2 時間半程度の講座を計 12～15 回行った[12]。また、

表 1 解説資料の内容

- | | |
|-----------------------|--|
| (1) Processing の概要と基本 | 概要、類似物、最初の一步、図形描画(点、線、四角、円、多角形)、描画モード、画面の大きさ、背景描画、色相定(RGB, HSB)、不透明度、画面の変数 |
| (2) 文字表示、画像表示 | 文字表示(英語、日本語)、画像の表示、拡大縮小、透明色の利用 |
| (3) 基本概念 | 変数、代入、加算、四則演算と省略形、繰り返し、for 文の例、増分、二重ループ、乱数、条件分岐 |
| (4) アニメーション | 基礎、変数の利用、自由落下、壁の反射、円運動、残像効果、画像のアニメーション、フレームレート |
| (5) イベント処理 | 概要、マウス移動、マウスクリック、ボタンの種類、押した際の、論理型変数、マウスイベントの例、画像のスクロール、キーボードの処理 |
| (6) ゲームの製作 | モグラ叩きのアニメーション、当たり判定、シューティングゲームの製作、背景のスクロール、自機の操作、敵の出現と移動、当たり判定 |
| (7) 配列 | 概念、使い方、配列を使ったアニメーション、過去の値を記憶する、過去の平均、二次元配列、迷路の応用 |
| (8) 座標系の変換 | 平行移動、回転、ラジアン、拡大縮小、利用例 |
| (9) センサ | 概要、三軸加速度センサ、フィジカルコンピューティング、I/O モジュールの組み立てと準備、センサ値のグラフ表示、センサ値の校正 |
| (10) 加速度センサの利用 | センサ値の正規化、キャラクターの移動、画像のスクロール、I/O モジュールのボタンの利用、振った量を表示、振った回数を表示 |
| (11) センサ値の信号処理 | 待ち行列の導入、平均値の表示、値の平滑化、重力加速度の除外、簡単な物理シミュレーション |

加えて事前・事後講座を高校教員のみで数回行った。

本講座は大まかに前半、後半に分けられる。前半は、3.5 節に示した解説資料を使用して、プログラミングの各種概念を順に理解する一斉授業の形式を取った。後半では、最終的に作成するプログラム作品の仕様を決め、各自が開発を進めながら、個別指導するという形式を取った。

なお、本講座は原則として大学教員 1 名が指導し、場合により高校教員 1～2 名が補助した。また、4.4 節に示す課題研究は原則として高校教員のみで指導した。

4.2 実践の前半(一斉授業)

ここでは 2011 年度に実施した内容を示す。2011 年度は以下に示す 7 回の一斉授業を実施した。各項目の()内の番号は表 1 に対応する。

1 回目 Processing の概要と基本 (1)

最初に本講座の全体の概要を説明し、Processing の特徴と使い方を説明した。解説

資料を順に使用しながら、図形描画や色指定の方法を説明し、簡単な課題を適宜行わせた。1回目と2回目は、変数や制御構造を一切使用しない内容になっている。Javaなどの従来の言語を教育する場合、早々に変数や制御構造を扱うことが多いが、それらの概念は初学者にはやや難しいと考える。そこで、より具体的で生徒が興味を持ちやすい図形描画などを最初に充実させ、生徒が冒頭でつまずきにくいようにした。また、画面の座標(X,Y)について生徒が位置感覚をつかむには、やや時間がかかるように思えたため、冒頭で集中的に座標に慣れる訓練として実施した。1回目の締めくくりとして、国旗を描画する課題を与えた。どの国の国旗にするかは自由とし、簡単な国旗を選び早めに完成した生徒には、他の国旗も描画するように指導した。その結果、ユニオンジャックを短時間で完成させる生徒の存在も見られた。この課題は大多数の生徒が意欲的に取り組み、図形描画、色指定、座標の把握を習得する効果的な方法であったと考える。

2回目 文字表示、画像表示 (2)

文字表示と画像表示を説明した。画像表示では、事前に用意しておいた画像ファイルだけでなく、ペイントソフトで生徒自身に画像を作成させ、それを表示する課題も行った。また、画像中に透明色を設ける方法も習得させた。これはゲームで表示するキャラクターを画像で表現する際に多用するためである。ここでは、ペイントソフトで画像を作る作業ばかりに熱中し、プログラムの理解が疎かになる生徒が数名現れ、適宜注意した。

3回目 基本概念、アニメーション (3), (4)

基本的な概念として変数、繰り返し構造、条件分岐を説明した。このような概念を理解する授業は、理解しづらく退屈と感じがちな内容となるため、図形を描画するプログラム例を専ら用いることで、視覚的に概念を理解させ、かつ、なるべく生徒の意欲を削がないように工夫した。しかし、残念ながら、他の内容と比べると、意欲的ではない学生が多く見受けられた。次に、乱数を説明した。乱数はゲームのプログラムに用いられることが多いため、多くの実例を取り上げたこともあり、生徒は積極的に取り組んでいた。

さらに、アニメーションの方法を説明した。最初は、乱数を使用してランダムな位置に図形を表示するアニメーションを示した。これは変数を使用する例よりも理解しやすく実行結果も魅力的なためである。ただし、この課題で表示する図形を巨大にし、ランダムな色で変化させる生徒が例年数名現れている。これに対しては、視覚に悪影響を与える恐れが

あるため、見つけ次第注意を行なった。その後は、アニメーションを実現するための変数の使い方を数多く紹介した。例えば、玉が壁を反射するアニメーションでは条件分岐を使う例を示した。アニメーションを始めると表示が変化するため、多くの生徒が積極的に取り組むが、急に難しい内容になるため戸惑う生徒も多く見られた。ここで、円運動のアニメーションを実現するために三角関数を用いた。プログラムの説明と併せて三角関数自体の説明を行い、座標を扱うプログラムと幾何学の関係を意識させるようにした。また、弾が落下し床で反射するプログラムについては、力学を簡単に説明することで、物理学の初歩との関係を意識させるようにした。

4回目 イベント処理 (5)

マウスとキーボードのイベント処理に触れた。特徴的な課題として、表2に示す、ペイントソフトのプログラム例を紹介した。これは、マウスボタンを押した際に点を描画する単純なプログラムであるが、この内容をここまで簡潔に記述できるプログラミング環境は数少なく、Processingの長所を実感させる良例と考える。課題では、point(mouseX, mouseY);の部分を好きなように記述させて、ペイントソフトのブラシを自分で作成させた。この課題はほとんどの生徒が意欲的に取り組んだ。しばらくは各自で自由にブラシを作成させ、その後、画像ブラシ、ブラシの大きさに変化を付ける、半透明にする、透明度を変化させ墨がかすれるようにするなどの効果を出すといった実例を示した。

表2 ペイントソフトのプログラムコード

```
void setup() {
  background(255);
}
void draw() {
  if (mousePressed) {
    point(mouseX, mouseY);
  }
}
```

5日目 ゲームの製作 (6)

生徒の多くがゲームを作りたいために本実践に参加しているため、極力早めに取り上げた。ここでは、短いプログラムのみを示し、生徒がいきなりつまずかないように配慮した。

マウスやキーボードで操作する簡単なゲームの作成法を説明した。まずは、モグラ叩きのモグラが出て引っ込む一連の動作のプログラムを紹介し、モグラが出ている時にクリックすると○、引っ込んでいる時にクリックすると×を表示する例を紹介した。この例では

決まった場所にしかモグラは出てこない。したがって、このゲームでは、クリックした時にモグラの状態を判別するだけの最も簡単な当り判定を行っていると言える。次に、シューティングゲームを紹介した。ただし、簡単のため、自機1個と敵機1個が表示され、弾が出ない敵を避けるだけのゲームである。このため、自機と敵機との当り判定の方法のみを説明した。弾を発射する機能は今後の課題とし、意欲のある生徒は作るように薦めたが、残念ながら自力で作成した生徒は現れなかった。

6.7 回目 加速度センサの利用 (9)～(11)

最初にセンサの種類等を説明し、加速度センサの利用法を説明した。ブレッドボード上に I/O モジュールと加速度センサ等を挿してから PC に接続し、センサ値を PC 上で読み取れることを確認した。確認には、加速度センサの X,Y,Z 値をグラフ表示する Processing プログラムを使用した(図 2)。このプログラムは、センサ値の性質や意味を理解しやすくするために、X,Y,Z 軸の値を別々の場所に表示し、現在の値を棒グラフ状に大きく表示しながら、過去の値を波形状に表示するなどの工夫を行なった。生徒がこのグラフを観察しながら、加速度センサを振ったり傾けたりすることで、センサ値の意味や特徴を実感させるようにした。

センサ値には個体差があり、このままではグラフ表示の 0G,1G とずれが生じる。このため、X,Y,Z 軸がそれぞれ 0G,1G になるのはどのような状態かを考えさせ、それぞれのセンサ値(8bit)を控えさせた。そして、プログラム中でそれらの値を定義している部分を書き換えさせることでセンサ値の校正作業を行わせた。Wii リモコンや iPhone のような製品の場合、校正と正規化がなされた状態でセンサ値が提供されている。つまり、利用者の見えないうちで校正作業が行われている。このように一般の人が普段意識しないことが多い計測時の校正について認識してほしい意図もあ

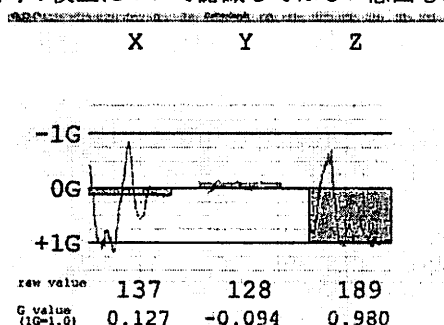


図 2 センサ値をグラフ表示するプログラム

り、詳しく解説している。

最後に、加速度センサを傾けてゲームキャラクターを移動する方法や、信号処理を利用した高度な例を紹介した。

4.3 実践の後半(作品製作)

後半では、加速度センサ等を使った対話型のプログラム作品の製作を行っていく。まず、作品の企画発表を行わせた。発表前には、2～4 週間程度の長い期間を与え、作りたい作品の概要を考えさせ、製作班のメンバーを決定させた。本講座の当初(2007,2008 年度)は参加者が少ないことから一人で作成することにしたが、2009 年度から参加者が大幅に増えたため、班を構成して作るようにした。ただし、希望により、班を組まず一人で作ることも認めている。2011 年度の場合、計 21 名のうち、二名の班が 3 つ、三名の班が 3 つ、四名の班が 1 つで、一名で製作したのは二人であった。

企画発表は、Word や PowerPoint 等で作成した企画書を提示しながら口頭で説明する方法をとった。ここで、問題点や改善点を指摘し、期間内に完成できそうな仕様に調整した。そして、生徒にその結果を付箋紙に記入させ、我々がカテゴリ分けを行い、全ての企画を一覧した(図 3)。この一覧は、我々が企画の全容を把握したり、類似した企画の班を近くの机に配置して効率良く指導するために用いている。付箋紙を用いる理由は、限られた用紙に要約することで生徒の訓練になることと、カテゴリ分けの便宜からである。

その後は、作品の完成に向けて簡単に実現できる部分から実現し、そのプログラムを徐々に拡張しながら完成に導いていった。原則として各班を回って個別に指導したが、共通のカテゴリ、例えばシューティングゲームを作りたい数班をまとめて講義をするなど、効率良く柔軟に指導することを心がけた。指導では、可能な限り助言に留め生徒自身がコ



図 3 プログラム作品の全企画一覧 (2011 年度)

ーディングするよう努めたが、期間の制約もあり、一部に我々がコーディングした場合もあった。以上で示した企画発表で2回、プログラミングの指導で6回の授業を実施し、作品を完成させた。

完成させた作品は、2011年度は全てゲームであった。内訳は平面シューティング2つと、一人称視点シューティング、平面のアクション、迷路脱出、ダーツ各1つである。また、それ以前の作品もほとんどがゲームであり、いらいら棒、弾幕シューティング、パズル、虫取り、魚釣り、ブロック崩し、平面カーレースなどであった。ゲーム以外では、ウクレレ状の電子楽器を作成した(図4)。これは、加速度センサを手で振って弦をはじいたかのように演奏するという企画に基づき、スイッチとセンサを用いてハードウェアを用意した。生徒は、演奏するプログラムとウクレレのボディを段ボールで作成した。結果として、フレットに相当するスイッチを押しながら、指輪状にした加速度センサを振ることで演奏する楽器が完成した。

本講座で作成したプログラム作品は、高校祭で実演したり、プログラミングコンテストに応募している。そのうち2007年度の作品と、2009年度の作品が東京情報大学ソフトウェアコンテストにおいて最優秀賞を受賞した。図5にその一つを示す。これは、マス上に駒を正方形に配置して点数を競う陣取りゲームであり、ルールを生徒自身が独自に考案し

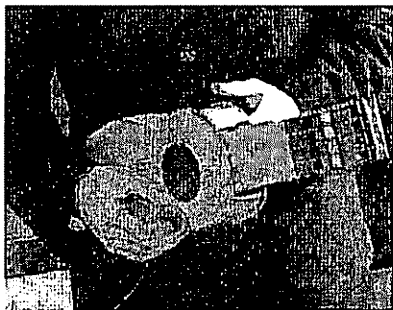


図4 ウクレレ状の電子楽器

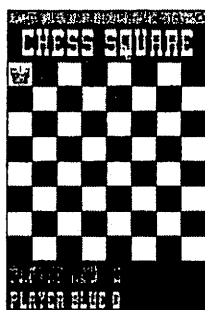


図5 陣取りゲーム

たことが高く評価された。

4.4 プログラミング講座以降の授業

柏の葉高校では、上述したプログラミング講座の後に、2年生、3年生において、各生徒の興味に応じた個別テーマによる課題研究授業を行なっている。ここで、約半数の生徒がプログラム開発を伴う課題を行っており、本講座によるプログラミングの経験が生かされている。以下にその事例を示す。

まず、一部の生徒は本講座に引き続き Processing を用いたプログラム開発を行なった。例えば、Kinect を扱うためのライブラリを使用して、落下物を手で拾う拡張現実感ゲームを作成した。これは、Processing の豊富なライブラリを活用した例である。

また、他の生徒は Arduino[10]を用いたプログラム開発を行なった。Arduino のプログラム開発環境は、Processing がベースであり、共通点が多い。このため、Processing の経験があれば Arduino の学習が容易に行なえる。この例として、温度、湿度、照度、CO₂ センサーの値を計測、記録するシステムを開発した。

さらに、他の生徒は LAMP(Linux, Apache, MySQL, PHP)を用いて気象データをサーバに記録するシステムや、Web メールサービスを開発した。この場合、Processing とは大きく異なる開発環境であるが、本講座でゲーム等のプログラムを自力で作成したことが自信につながり、異なる開発環境であっても意欲的に取り組むという効果があった。

5 本実践の評価

以上で説明したプログラミング教育の実践を評価するために、2011年度に参加した生徒のうち15名にアンケートを実施した。また、2010年度に参加した生徒にもアンケートを実施した。

まず、2011年度に参加した生徒の本講座以前の経験について述べる。表3に回答結果を示す。PCの使用開始時期は小学生以前が多いにもかかわらず、プログラミングの経験は、

表3 PC,プログラミング経験等の回答

	小学5 年以前	小学 6年	中学 1年	中学 2年	中学 3年	入学 後
Q1	7	3	0	2	1	2
Q2	0	0	2	0	0	13
Q3	0	2	0	1	7	5

Q1:PC を使い始めた時期

Q2:プログラミングを始めた時期

(「入学後」は本講座以前は未経験)

Q3:プログラミングに興味を持ち始めた時期

本講座より前からの経験者は2名に留まった。この結果から、PCの経験が長いにもかかわらず、プログラミング経験がない者が多く、プログラミングに取り組む機会のごく限られていることが分かった。また、プログラミングに興味を持ち始めた時期は、経験者は小学6年だが、未経験者のほとんどは中学3年～高校入学後であった。このことからプログラミングに興味を持つ機会自体が数少ないことが明らかになった。

次に、本講座の全般的な評価について述べる。回答結果を表4に示す。本講座について全員が「興味を持てる内容であった」と回答した(Q1)が、理解度(Q2)は十分でなく、「難易度が高かった」(Q3)という回答が多かった。難易度を下げるには、雛形のソースコードの一部を修正するだけで完成できるようにすれば良い。しかし、それでは表面的な理解に留まり、以降のプログラム開発に生かすことができない。本講座では、プログラミングの基礎から理解させ、できるだけ自力でゲーム等が作成できるよう指導した。このため、内容がある程度難しいのは仕方なく、今後も方針を変えず実践を行なう予定である。ただし、教材と授業内容を改善し、理解しやすくする努力は必要であると考ええる。また、「プログラミングについて興味が増した」(Q4)と全員が回答しており、以降のプログラム開発に向けた意欲の向上が期待できる。

「プログラミングと数学との関係について感じられた」という回答が多かった(Q5)が、「物理学との関係について感じられた」という回答は少なかった(Q6)。これは数学に関する事例は数多く取り上げられたが、物理学についてはアニメーションなど一部の場面でしか取り上げられなかったことが原因と考えられる。

表4 本講座の全般的質問の回答

	そう思う	どちらかという そう思う	どちら でもない	どちらか という 思わない	そう 思わない
Q1	13	2	0	0	0
Q2	4	6	2	3	0
Q3	4	5	6	0	0
Q4	12	3	0	0	0
Q5	11	4	0	0	0
Q6	4	6	4	1	0

Q1:興味を持てる内容だった

Q2:内容は良く理解できた

Q3:内容は難しかった

Q4:プログラミングに関して興味が増した

Q5:プログラミングと数学の関係が感じられた

Q6:プログラミングと物理学の関係が感じられた

次に、本講座の個々の内容について、理解度と必要性あるいは興味について質問を行い、その中で特徴的であった回答のみを述べる。

まず、図形描画や色の表現については、理解度が高い回答が多かった。また、変数やif文による条件分岐については、「理解度と重要性の双方とも高い」回答が多かった。これに対して、for文による繰り返しと配列の扱いについては、「理解度は低い、重要性は高い」という回答が多かった。これらの回答は本講座の担当者が感じた印象と一致しており、「大事だと感じているが良く分かっていない」と感じた生徒が多く、今後のプログラム開発において、それらの概念を復習する動機付けになっていると考える。

2010年度に参加した生徒のアンケートについては、それ以降に行なった課題研究授業と併せて述べる。まず、本講座が課題研究で役立ったかという質問では、プログラム開発を伴う課題を行なっている生徒のうち75%が役立った、課題を行なっていない生徒のうち50%が役立ったと回答した。また、本講座以前のプログラミング経験の有無については、課題研究でプログラム開発を行なっているものも、行なっていないものもほぼ同じ25%の生徒が経験ありという回答であった。4.4節で述べたKinectを用いたゲームを作成した生徒は本講座以前はプログラミング経験がなく、本講座でプログラミング能力が著しく向上した。また、Webメールサービスを開発している生徒は全員が本講座が役立ったと回答しているが、本講座以前のプログラミング経験者は30%であることが分かった。

結論として、本講座では大多数の生徒がゲームを作りたいという強い意欲を持っていたため、興味深く取り組めたことが示された。しかし、一方では難易度が高く、十分には理解できなかったと感じた生徒も多かった。どこが理解できなかったか生徒は把握しており、重要性を認識しているため、今後、生徒が積極的に復習することが期待できる。また、本講座以降にプログラム開発を行なった生徒の多くが、本講座の経験を生かしていることが分かった。

6 類似研究との比較

コンピュータの初中等教育において、センサを利用したプログラム教育としては、紅林らによる自律型3軸制御ロボットによる制御教育[4]がある。対象とするロボットは、センサ等を利用して適切な場所へ移動し、対象物を持ち上げるなどの仕事をおこなうために、複雑な制御が必要になる。このような動作をプログラムとして作成し、自律的な動作を

現するために、ドリトルを使ったプログラミング教育をおこない学習意欲を高めたものづくりとプログラミング学習をおこなえる教材を提供している。

本研究でも、初中等教育に対して、コンピュータのソフトウェアとハードウェアの両方を興味を持って経験させることを目的としているが、本研究では独自の開発学習環境を構築せず、既存のオープンソースハードウェアとソフトウェアを利用し、学習教材を作成するに留めている。これは、4.4節で述べた情報系高校ならではの課題研究やその後の進路において高度なプログラミングを行なう導入部としての役割を担うため、豊富なライブラリの存在を重視したためである。

また、フィジカルコンピューティングの実践として、本研究に類似したものとして有賀らによるメディア造形教育の実践[13]が挙げられる。これは、インタラクティブなメディアアートを制作するものであり、センサとして音、光、距離センサを用意している。また、本研究と同様に Processing を用いている。これに対し、本研究では専ら加速度センサを用い、ゲーム等の作品を制作することを目標として教育を実践している。その特徴は、ゲーム好きな情報系高校の生徒の興味に合わせたことや、作品を制作する場所を選ばないことである。加速度センサであれば、周囲の光量、騒音などの影響を受けず広い空間も必要ないため、大人数での授業を実践しやすい。

7 まとめ

本実践は、高校の情報と理数系科目を専門とする学科において、プログラミング導入教育を5年に渡って行ったものである。生徒が意欲を持つと思われるゲーム等の対話性の高いプログラムの製作をテーマにしたことにより、密度が高い内容にも関わらず大多数の生徒が作品を完成させるまで辛抱強く取り組んだという印象がある。本実践は全て1年生に対して行っているが、その後の、2年生、3年生においてプログラム開発に取り組む際に、本実践で習得したプログラミング能力や興味の向上が生かされている。

本講座で製作したプログラム作品は、ほとんどがゲームであるが、我々はゲームに限らず4.3節で述べた電子楽器など幅広い作品を製作することを意図している。原則として、生徒が作りたい作品を作るという方針は変えないが、今後は企画発表の前にゲーム以外の作品例などを示して、作品の幅を広げたいと考えている。

謝辞 本実践は、2010, 2011 年度にサイエンス・パートナーシップ・プロジェクト事業として科学技術振興機構より支援を受けた。また、現在(2012年度)も同支援を受けている。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 兼宗進, 阿部和広, 原田康徳: プログラミングが好きになる言語環境, 情報処理 Vol.50, No.10, pp.986-993 (2009).
- [2] 兼宗進: 教育用プログラミング言語の動向, 情報処理 Vol.48, No.6, pp.589-593 (2007).
- [3] 紅林秀治: 制御教育への利用, 情報処理 Vol.48, No.6, pp.602-606 (2007).
- [4] 辰巳丈夫: 教育用プログラミング言語を利用した教科教育と情報教育, 情報処理 Vol.48, No.6, pp.612-615 (2007).
- [5] 小林茂: フィジカルコンピューティング概論, 情報処理 Vol.52, No.8, pp.914-917 (2011).
- [6] Processing, <http://processing.org/>
- [7] R., Casey Reas and F., Ben Fry: Getting Started With Processing, O'Reilly Media(2010) (船田 巧(訳): Processingをはじめよう, オライリージャパン(2011))
- [8] 菊池誠: プログラミング, 何をどう教えているか: Processing によるプログラミング教育, 情報処理, Vol.52, No.2, pp.213-215(2011).
- [9] 遠藤孝則: Gainer入門, 情報処理 Vol.52, No.8, pp.918-921 (2011).
- [10] 菅野創: Arduino 入門-15 万台の販売実績を持つマイコンボード-, 情報処理 Vol.52, No.8, pp.922-925 (2011).
- [11] 大見嘉弘, 滑川敬章, 永井保夫: 情報系高校におけるセンサを利用したプログラミング教育の実践, 情報処理学会研究報告 Vol.2012-CE-114 No.5, pp.1-7 (2012).
- [12] 千葉県立柏の葉高校 プログラミング講座(SPP 採択事業), http://cis.kashiwanoha.ed.jp/?page_id=695
- [13] 有賀妙子, 森公一: フィジカル・インタラクションを使ったメディア造形基礎教育におけるプログラミング学習の実践, 情報処理学会誌 Vol.52 No.12 pp3096-3105 (2011).