

Raspberry Piを用いたプログラミング学習意欲促進教材の提案

2014SE041 神戸彩華 2014SE070 長屋結実 2014SE072 中尾有里

指導教員：蜂巢吉成

1 はじめに

日本では2020年から小学校でのプログラミング教育の必修化が始まるとされている。小学校段階におけるプログラミング教育はコーディングを覚えさせることが教育の目的とされているわけではなく、コンピュータに意図した処理を行わせることで、プログラミング的思考、いわゆる論理的思考力や創造性、問題解決能力などを育ませる事が目的である[1]。いくつかの小学校では、ScratchやレゴマインドストームEV3、ビジュアルプログラミング言語を用いたプログラミング教育を既に行っている。世界の国々でもロボットやゲームを用いることで、小学生でも楽しむことができる工夫がされたプログラミング教育はすでに始まっており、プログラミング教育は今、とても注目されている教育分野の1つとなっている。

大学のプログラミングの演習においては、実用的なプログラミング言語を学ぶこと、そして情報系の学科を選択した大学生としてプログラミングの能力を向上させることが必須とされ、C言語を筆頭に様々なプログラミング言語を学んでいる。

本研究では学習意欲促進のためにRaspberry Piとセンサなどを用いた学習教材の提案をする。センサやLEDライトなどを配線するなど、自ら手を動かすことにより、学習対象者にとってプログラミング学習に興味をわくのではないかと考え、電子工作の調査、ライブラリ関数の設計、学習環境の設計と実現、学習教材の作成と提供方法の提案を行う。

本研究では学習するプログラミング言語は、実用的な手続き型言語であるC言語とする。また学習対象者はC言語によるプログラムを初めて学習する者とする。

2 電子工作の調査

電子工作をプログラミング学習に導入することは、自分自身で様々なものを組み立てたり、付け加えたりすることができ、自由に自分オリジナルのものを完成させる事ができるので、プログラミングの意欲向上につながると考えた。そのためにはどのような電子工作があり、そして使用すべきなのかを調査する必要がある。レゴマインドストームEV3、Arduino、Raspberry Piの3種類の電子工作を比較した結果、自分自身でセンサやカメラなどを選んで取り付けて作成できるという創意工夫性にあふれている点、そして我々が教材を作成する上で、使用者への提供方法としてサーバやインターネット接続を考えているので、Raspberry Piを選択することにした。

3 プログラミング教材の提案

従来のプログラミング演習は文字ベースの入出力による教材を用い、条件分岐、繰り返しなどのプログラミング言語の基本的な概念を学ぶ。我々は従来のプログラミング演習の教材にRaspberry Piを追加し、センサやLEDなどの入出力機器を使用できるようにする。条件分岐や繰り返しなどの概念をセンサやLEDなどが動作することで学習対象者が実感できる。これにより学習対象者がプログラミング学習に以前以上に興味・関心をもつようになると考えた。

3.1 教材設計指針

本研究で提案する教材の対象者は「C言語を初めて学ぶ学習者」と設定し、従来の文字ベースの入出力教材に加えて使用する前提で教材を設計する。

例題にて機器特有の関数や特徴を提示し、徐々に内容が難しい問題となるよう問題例を作成した。従来の文字ベースの入出力による教材のみならず、Raspberry Piを用いて条件分岐や繰り返しなどの基礎的な概念をRaspberry Piとセンサ、LED等の入出力装置を用いた実際のものを使用しプログラミングを行うことにより従来以上に学習意欲を刺激することが期待される。

教材を作成する上で次の事項を指針とし、教材の設計を行なった。

1. 学習対象者が基礎概念を学ぶことが出来る
2. 天下りの関数の記述を減少させる
3. 入出力を画面以外の機器とする
4. 例題や問題などを複数用意し、最終的には自ら動かせるようにする
5. 教科書[3]に基づいた学習内容である。

3.2 ライブラリ関数作成について

Raspberry Piを教材として用いる際、Wiring Pi[2]を使用することで、センサからの信号をデバイスで直接C言語を用いて記述するよりは簡潔にプログラムの記述が可能になる。しかし、学習対象者にとってはまだ難しいといえる。また、Wiring Pi特有の関数をプログラム中に使用することで、C言語を学んで期間が浅い学習対象者にとって見慣れない天下りの関数の長い記述が多数プログラム中に並ぶことになる。学習対象者自身が関数の意味を理解しながらプログラムを記述するというよりは、機械的にプログラムを記述してしまいがちになる。そこで本研究

では、共通の関数を利用することで、天下りの関数をプログラミング初学者でも分かりやすく、学習対象者のプログラム記述の障害とならないように記述できるライブラリ関数を作成した。最初に `initPins` 関数を呼び出す必要があるが、それ以外は呼出し順などの依存関係がなく、独立して使えるように設計した。条件分岐や繰返しなどの基礎概念を学ぶには不必要なピンモードの入出力設定などを学習者が行う必要がなくなる。

- `void initPins()`
呼び出し元のプログラムが GPIO ピン番号を再マッピングなしで直接使用できるようにしたライブラリ関数である。失敗した場合、`failed` と表示し、プログラムの実行を終了する。
- `int readPin(int pin)`
`pinMode(pin, INPUT)` で、指定したピンのモードを `INPUT` にし、`digitalRead(pin)` でピンで読み取られた値を返す。ピンのロジックレベルに応じて値は `HIGH` または `LOW` (1 または 0) になる。
- `int writePin(int pin, int value)`
`pinMode(pin, OUTPUT)` で、指定したピンのモードを `OUTPUT` にし、`digitalWrite(pin, value)` でピンに値 `HIGH` または `LOW` (1 または 0) を書き込み、出力する。
- `float readTemp(int address)`
このライブラリ関数は温度センサ ADT7410 のためのライブラリ関数である。wiringPiI2CSetup (int devId) という WiringPi の関数がある。この関数は指定されたデバイス ID で I2C システムを初期化する。その後、wiringPiI2CWriteReg16(int fd, int reg) で示されたデバイス・レジスタから 16 ビットの値を読み出す。この 16 ビットの値が温度であるので、この値を摂氏温度にする計算をするのがこのライブラリ関数である。

3.3 入出力機器

本研究では、入力機器として温度センサ ADT7410、人感センサ SB412A、タクトスイッチ、出力機器として LED を使用した。

3.4 学習教材例

一般的に初学者が学習する学習単元を用いて Raspberry Pi を用いた教材の提供を行う。今回の研究で作成した問題により学習できる単元毎の内容としては変数、条件分岐、繰返し、配列、関数を扱う。問題の提供を行う際、例題を通してセンサなどの動作確認を行わせ、その後それを応用した問題にて自分のプログラムを書かせるようにする。センサや LED などの配線図、ライブラリ関数の説明を行った資料

も教材として作成した。作成した問題を以下に示す。実際に 5 節にて学習対象者に出題した問題である。括弧の中は問題出題に対する狙いである。

1. LED ライトを次のように点滅させよ (赤 LED の動作確認，文が順次実行される事を学ぶ)
 - (a) 1 秒間点灯，1 秒消灯，1 秒間点灯
 - (b) 1 秒間点灯，0.5 秒消灯，0.8 秒間点灯
2. 赤と緑のライトを次のように点滅させよ (複数出力の使い分け学ぶ)
 - (a) 赤を 1 秒間点灯したのち、緑を 1 秒間点灯させる
 - (b) 赤を 2 秒間点灯させる。緑は赤が点灯した 1 秒後に 1 秒間点灯させる
3. 赤 LED を次のように点滅させよ (繰返しを学ぶ)
 - (a) 1 秒間隔で 5 回点滅させよ
 - (b) 1 秒点灯，1 秒消灯，0.8 秒点灯，0.8 秒消灯，0.6 秒点灯，0.6 秒消灯，0.4 秒点灯，0.4 秒消灯，0.2 秒点灯，0.2 秒消灯
4. LED の PIN 番号，点灯，消灯にマクロを使うようにせよ (マクロの使用方法を学ぶ)

Wiring Pi やライブラリ関数等の使用方法に関する例題を提示した後に問題をこの様な順番で出題する。

ソースコード 1 例題

```
#include <stdio.h>
#include <wiringPi.h>

int main(void){
    initPins();

    writePin(13,1);
    delay(1000);
    writePin(13,0);

    return 0;
}
```

ソースコード 1 は LED を 1 秒つけて消すだけのプログラムである。これを最初に見てから問題例に移ることによりライブラリ関数を試用できる。delay 関数は Raspberry Pi の GPIO を C 言語で制御する際、タイミング制御を行うための Wiring Pi ライブラリの関数であり、数値のミリ秒分処理を停止する。問題に対する解答例のいくつかをソースコード 2, 3, 4, 5 に示す。

ソースコード 2 問題 1-2 解答例

```
#include <stdio.h>
#include <wiringPi.h>

int main(void){
    initPins();
    writePin(17,1);
}
```

```

delay(1000);
writePin(17,0);
delay(500);
writePin(17,1);
delay(800);
writePin(17,0);

return 0;
}

```

ソースコード 3 問題 2-2 解答例

```

#include <stdio.h>
#include <wiringPi.h>

int main(void){
    initPins();
    writePin(17,1);
    delay(2000);
    writePin(18,1);
    delay(1000);
    writePin(17,0);
    writePin(18,0);

    return 0;
}

```

ソースコード 4 問題 3-1 解答例

```

#include <stdio.h>
#include <wiringPi.h>

int main(void){
    int i;
    initPins();
    for(i=0;i<5;i++){
        writePin(17,1);
        delay(1000);
        writePin(17,0);
        delay(1000);
    }
    return 0;
}

```

ソースコード 5 問題 3-2 解答例

```

#include <stdio.h>
#include <wiringPi.h>

int main(void){
    int n;
    initPins();
    for(n=0;n<5;n++){
        writePin(17,1);
        delay(1000-(200*n));
        writePin(17,0);
        delay(1000-(200*n));
    }
    return 0;
}

```

4 Web による学習環境の設計と実現

4.1 Web による学習環境の目的

Raspberry Pi を教材として用いる際、ディスプレイやキーボードの接続や PC とは異なるエディタなどでのプログラミングが学習対象者の負担となる。Web 上で Raspberry Pi にアクセスしてプログラミ

ングを行うことで、各 Raspberry Pi の環境設定に対する時間や労力の短縮、それによる学習対象者のモチベーション減少の防止ができるのではないかと考えた。Web 上で Raspberry Pi にアクセスしプログラミングを行うために、学習対象者が使用する Web による学習環境の作成を行う。学習対象者にとって馴染み深い GUI を用いた Web ページを設計することで、異なる環境への抵抗感を減少させる。

4.2 設計と実現

図 1 は作成した学習環境における処理の流れである¹。学習対象者がテキストエリアにプログラムを入力し、コンパイルボタンを押す、実行ボタンを押すことでプログラムが実行される。コンパイル、実行ボタンを押す度に画面遷移がおこると、毎回リロードレスポンスを待たなければいけないので、Ajax 通信を行うことで、コンパイル、実行ボタンを押しても画面遷移が行われないようにした。コンパイル後、入力したプログラムにコンパイルエラーが発生しなかった場合は“コンパイル結果:”と表示されるだけであるが、コンパイルエラーが発生し、エラーメッセージを受け取った場合には、“コンパイル結果:”の後に赤字でエラーメッセージが表示される。実行ボタンを押すことで、コンパイルが成功した場合には、センサがプログラム通りに作動し、プログラムが終了した際には“コンパイル結果:”の文字が消える。実行結果として文字の出力がある時は、文字が出力される。

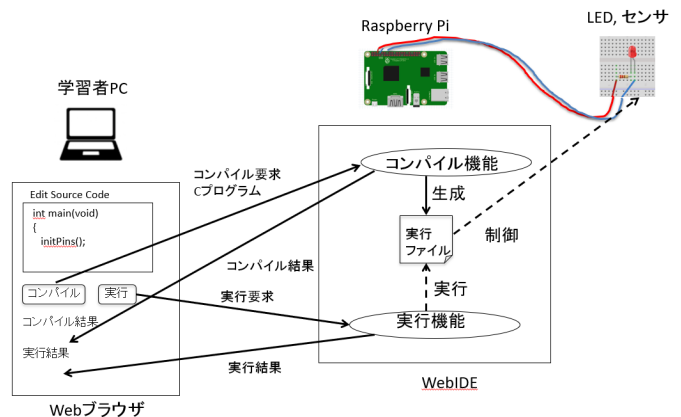


図 1 処理の流れ

5 教材の評価

5.1 評価方法

研究室の3年生8人を2グループに分けて、LEDの配線及び3節で作成し抜粋された問題を、実際に解いてもらい率直な感想をもらうことで評価とする

¹Raspberry Pi, ブレッドボードの画像は Fritzing(<http://fritzing.org>) により作成した。

ことにした。解答終了時に次のアンケートを記入してもらった。

1. LED の配線は (A) 問題なく出来た (B) 多少の問題はあったが出来た (C) 出来なかったあるいは先輩に手伝ってもらった
2. 配線は (A) 楽しかった (B) 普通 (C) つまらなかった
3. LED を制御するプログラムの例題が (A) よく理解できた (B) なんとなくわかった (C) ぜんぜんわからなかった
4. LED を制御するプログラムは (A) 理解して作成できた (B) よく分からなかったがプログラムは動いた (C) 作成出来なかった
5. LED を制御するプログラム作成は (A) 楽しかった (B) 普通 (C) つまらなかった
6. その理由 (記述式)
7. 難しかった点 (記述式)
8. 今後もこのような演習を (A) 是非やりたい (B) 機会があれば (C) やりたくない

この研究は学習意欲促進教材の提案であるので、楽しかったかという質問に対する答えに重点を置くこととした。

5.2 評価結果

表 1 アンケートに対する票数

質問	(A)	(B)	(C)
1	4	3	1
2	6	2	0
3	7	1	0
4	8	0	0
5	7	1	0
8	6	2	0

2 グループとも最後の問題まで達することができた。最初の配線や説明は我々が関わったりもしたが、問題例に入ったあたりからは各グループ毎に相談を行い議論をしながらプログラムを作成していた。感想に関しても目に見えてプログラムが動く点に関し手応えを得られた人が多く、他のセンサを使用した場合の教材もやってみたいという意見が多かった。配線を初めて行う学生も多く、細かい作業に困難さを覚える学生もいた。初めて配線作業を行う学習者に対して、よりわかりやすい提示の方法が必要と考える。3 節で述べた問題の場合、一部の学生は繰返しを使わずにプログラムを作成していたので、問題例に条件付けを行うべきだと考える。

6 考察

本研究では、学習対象者がプログラミング学習を行うにあたって、Raspberry Pi を用いること、センサを制御するライブラリ関数を使用すること、入力機器と出力機器の導入を行うこと、そして学習環境として Web を用いることで、学習意欲が促進されるようなプログラミング学習教材を作成できたと考えた。

本研究では、入力機器として温度センサ、人感センサ、タクトスイッチ、出力機器として LED を使用して学習教材の提案を行った。学習者が新たなセンサなどの入出力機器を使用したい場合、LED などの単純な信号を発する入出力機器の場合であれば、本研究で用いたライブラリ関数を使用してプログラミングを学習することができる。しかし、本研究に使用した温度センサのように、Raspberry Pi から返信される信号が特殊な場合、新たなライブラリ関数の作成が必要となる。

Raspberry Pi を用いてプログラミングを学習する場合、学習対象者の数が多いと、Raspberry Pi の学習環境の設定に手間がかかり、教育者の負担が大きい。Raspberry Pi 以外のサーバやクロスコンパイラなどを使用することで、Raspberry Pi 1 つ 1 つにサーバを立てる手間が省け、教育者が指定した Web ページを学習対象者が開くことでプログラミング学習がはじめられる。

7 おわりに

本研究では Raspberry Pi を用いたプログラミング学習意欲促進教材を提案した。プログラミングに対する興味を高めることが出来ると思われる教材の調査を行い、Raspberry Pi を使用することを決めた。簡潔なプログラムの記述で Raspberry Pi を制御するためにライブラリ関数を作成、学習教材として学習者への説明資料、例題、問題を作成し、並びに Web による学習環境の作成を行った。

今後の課題として、プログラミング初学者に実際に学習教材を使用してもらい、評価を行うことがあげられる。

参考文献

- [1] 文部科学省：『小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）』
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm
- [2] Gordon Henderson：『Wiring Pi』
<http://wiringpi.com/>
- [3] 柴田望洋新：『新版 明解 C 言語 入門編』，ソフトバンククリエイティブ株式会社 (2012)