

Arduino によるコンピュータプログラミング A を教わった後のハードウェア入門

土肥 紳一*1

Email: dohi@chiba.dendai.ac.jp

*1: 東京電機大学 情報環境学部 情報環境学科

◎Key Words Arduino, モチベーション, プログラミング入門教育, ハードウェア入門

1. はじめに

「コンピュータプログラミング A を教わった後のハードウェア入門」は、今年で 2 回目の開催となった。昨年同様に 3 日間の集中講義で、1 月 26 日から 1 月 28 日にエクステンションのテーマとして開講した。時間帯は、14:30~16:20(途中 10 分の休憩)である。定員 20 名に対し 15 名の参加があった。「コンピュータプログラミング A」の授業では Java 言語を学ぶ。変数、繰返し、メソッド等の概念は、ハードウェア(Arduino)との係わりを体験することで理解を深める。最大の狙いは、受講者がハードウェアに対する興味を持ち、受講後に自分でやってみる切っ掛けを作ることである。一例であるが、バウンスはハードウェア固有の問題である。その解決策はプログラムで対応できることは興味深い。今年は、新たに RGBLED アレイを加えた。赤色、緑色、青色の LED を短時間に切り替えて点灯することで、他の色に見えることを体験し、受講者の興味を喚起した。本論文では、昨年の開催と比較しながら、2 回目の実施結果について述べる。

2. Arduino について

使用するハードウェアは Arduino である。これは、イタリアで開発されたマイクロコンピュータで、「Arduino をはじめようキット」が販売されている。本テーマを実施するために必要な部品が一通り揃っている[1]。このキットと RGBLED アレイの様子を図 1



図 1 Arduino をはじめようキットと RGBLED アレイ

に示す。キットの価格は 4 千円程度、RGBLED アレイは 300 円程度であり、学生諸君のお小遣いでも十分手に入る。さらに Arduino の統合環境は、受講者が所有するノート PC で実行できる。統合環境は Processing に似ており、Processing の文法が Java に似ていることから、「コンピュータプログラミング A」を教わった後の受講者にとって馴染みやすい。テキストは、「Arduino をはじめよう 第 2 版」を使っている[2]。

3. 実施スケジュールと受講者の様子について

3.1 スケジュール

今年開講した「コンピュータプログラミング A を教わった後のハードウェア入門」の実施内容とスケジュールは、表 1 に示す。昨年と比較して変わった内容は、3 日目に RGBLED アレイを加えたことである。

表 1 スケジュール

日程	内容
1 月 26 日	統合環境 Arduino のインストール, LED の表示
1 月 27 日	スイッチを使った LED の表示
1 月 28 日	光センサーを使った LED の表示, RGBLED アレイの表示

ハードウェアを扱うためには、「コンピュータプログラミング A」の授業では体験できないことが生じる。扱う部品が小さいこと、部品によって極性があること、配線のために手先の器用さが要求されること等である。

3.2 接触不良

タクトスイッチを 1 回押すと LED が点灯し、もう 1 回押すと消灯する例がテキストに掲載されている。この単純な振舞いは「コンピュータプログラミング A」では体験できない、ハードウェア固有の問題、すなわちバウンスが隠れている。バウンスはタクトスイッチを押した瞬間に、内部の接点が短時間に振動し、スイッチの ON と OFF を繰り返す現象である。この現象を避けるために、delay 関数を使って 50ms 程度の遅延を入れる。しかしバウンス対策を施したプログラムを実行しても、不安定な振舞いが見られた。ブレッドボードを使った配線は、半田付けを行わなくて良い面は便利であるが、一方、接続不良が生じた。特に、タクトスイッチの不具合が目立った。ブレッドボードに差し込んでも浮き上がることが多く、対策として筐体を押さえながらスイッチを押す必要があった。

3.3 抵抗のカラーコード

抵抗はカラーコードによって抵抗値が表現されている。授業では「エレクトロニクス A」を開講しており、ここで教わる。すでにこの授業を受講した人もおり、難なく数値化できたが、まだ受講していない人は、昨年同様に苦戦する受講者が居いた。

3.4 CdS による光スイッチ

硫化カドミウムセル(CdS)は、光が当たると抵抗値が変化する素子である。昨年の経験談から、CdS は素子を手で少し隠しただけでは光を受光するようで、ラインマーカのキャップで素子を隠すと、顕著に反応が現れることを説明した。Arduino にはアナログポートが装備されており、CdS を接続し、受光量の変化に応じて、LED の明るさを変えられる。受講者は夕暮れになると電燈を点灯する仕組みを知ると共に、適切な明るさの設定は、プログラム側で行えることを体験した。

3.5 シリアルモニタの表示

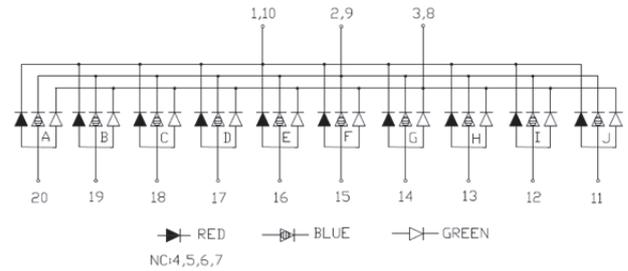
USB を介して、Arduino からアナログポートの数値を統合環境のシリアルモニタで表示することができる。Arduino でプログラムが起動すると、時々刻々送られる数値データが、手で CdS を隠すことによって変化する事に、受講者は興味深々であった。「コンピュータプログラミング A」では、プログラムへの入力にはキーボードを使うが、リアルタイムにデータが入力され、時々刻々変化することは受講者にとって、昨年同様に新鮮な様子であった。

4. RGBLED アレイの導入

新しい試みとして、秋月電子から RGBLED アレイ(OSX10201-LRPB2)を導入した。赤色、緑色、青色の3色が1つのセグメントの中に収納されており、10個のセグメントが1列に並ぶ構造である。Arduino をはじめようキットの中にも、赤色、緑色、青色のLEDが入っているが、1色毎にLEDが分かれている。RGBLED アレイの様子を図2に示す。図2の左下の端子が1番になり、右端が10番になる。図2では隠れているが、反対側にもう1列端子が並んでおり、右上の端子が11番に、左上が20番になる。

RGBLED アレイの回路図を図3に示す。1番が赤色、

2番が青色、3番が緑色のカソードになり、10番、9番、8番も同様である。10個のセグメントはカソードコモンになっている。各セグメントは図2の左端がセグメントA、右端がセグメントJに対応している。したがってセグメントAは20番の端子に、セグメントJは11番の端子になる。



<http://akizukidenshi.com/download/ds/optosupply/OSX10201-LRPB2.pdf> より抜粋

図3 RGBLED アレイの回路図

Arduino のアナログ入力ポート A0~A5 は、デジタル出力ポートとしても設定でき、D14~D18 として利用できる。A0(D14)は赤色、A1(D15)は青色、A2(D16)は緑色のLEDの制御に利用することにした。

セグメントAはD12に、以下順にセグメントJはD3へ対応付けることにした。こうすることによって、配線時にジャンパのクロスを回避できる。エクステンションでは、セグメントAについての結線のみを紹介し、時間に余裕がある受講者は、順次、セグメントの数を増やすように指導した。セグメントAに関する接続の関係は、表2に示す。

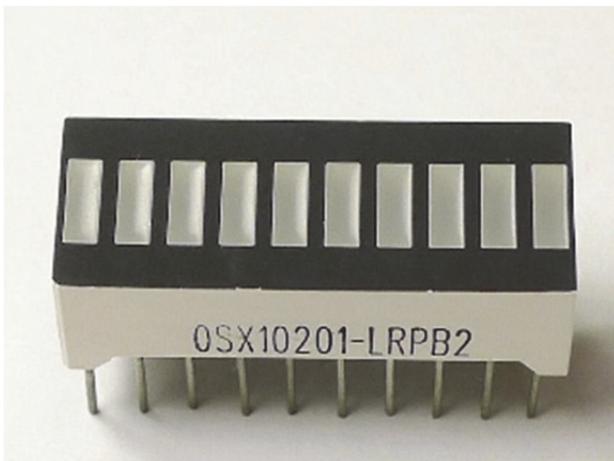
表2 セグメントAに関する接続の関係

Arduino	RGBLED アレイの端子	備考
A0(D14)	1	赤色のLEDの制御
A1(D15)	2	青色のLEDの制御
A2(D16)	3	緑色のLEDの制御
D12	20	セグメントAの制御 電流制限抵抗(270Ω) を挟んで接続

セグメントAを点滅するプログラムの例を、図4に示した。変数LED_AはセグメントAに対応しており、12番ポートに割り当てた。変数RED、GREEN、BLUEは、赤色、緑色、青色の各LEDに対応しており、14番、16番、15番のポートに割り当てた。これらの変数はconstを指定し、値を変更できないようにした。

setup 関数では各ポートを出力に設定する。set_color_port 関数は、引数 color で受け取ったポートを出力に設定すると共に、HIGH の状態に設定する。これは、負論理で回路が構成されているため、HIGH に設定することでLEDの初期状態を消灯状態にしている。赤色、緑色、青色の3色を設定する必要があり、関数として定義した。

on_off 関数は、引数 color で受け取ったポートを、引数 time で受け取った時間だけ LOW にし、最後に HIGH にする。負論理のため、LOW になっている間、



<http://akizukidenshi.com/img/goods/L/I-04761.JPG> より引用

図2 RGBLED アレイの様子

LED が点灯する。赤色、緑色、青色の3色を制御する必要があり、こちらも関数として定義した。

loop 関数は、LED の点灯時間を変数 time に設定し、赤色、緑色、青色の順に LED を点灯、消灯する。変数 time は、点灯時間の変化がどのような結果を導くかを体験するために、loop 関数内のローカル変数として宣言している。

```
const int LED_A = 12;
const int RED = 14;
const int GREEN = 16;
const int BLUE = 15;
void setup(){
  pinMode(LED_A, OUTPUT);
  set_color_port(RED);
  set_color_port(GREEN);
  set_color_port(BLUE);
}
void set_color_port(int color){
  pinMode(color, OUTPUT);
  digitalWrite(color, HIGH);
}
void on_off(int color, int time){
  digitalWrite(color, LOW);
  delay(time);
  digitalWrite(color, HIGH);
}
void loop(){
  int time = 1000;
  digitalWrite(LED_A, HIGH);
  on_off(RED, time);
  on_off(GREEN, time);
  on_off(BLUE, time);
}
```

図 4 セグメント A を点滅するプログラムの例

time の値を 1 にすると、短時間に赤色、緑色、青色の LED が点灯、消灯を繰り返すため、残像効果によって白色に見える。点灯する組み合わせを変えると、他の色に見えることを体験できる。セグメント A からセグメント J まで接続すると、図 5 に示す配線になる。

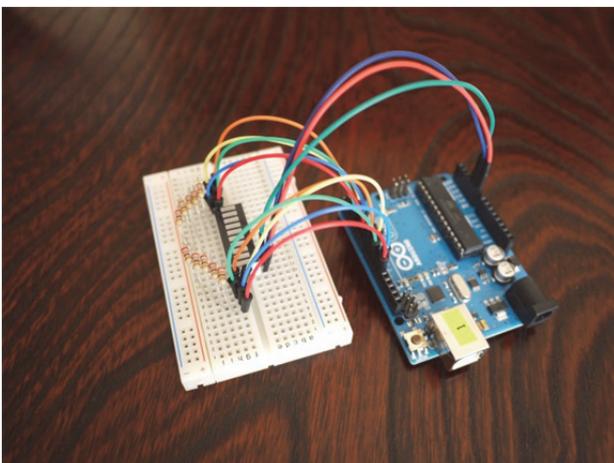


図 5 RGBLED アレイの様子

5. アンケート調査結果について

「コンピュータプログラミング A」と同様に、毎回の授業毎に理解度調査を兼ねたアンケート調査を実施した。昨年と比較しながら、以下に結果を述べる。

5.1 初日のアンケート調査結果

初日のアンケート調査結果は表 3 に示す。半田付けの経験者が 66.7%あり、33.3%は経験が無いことが分かった。この結果は、昨年と同様である。半田付けは中学や高等学校で体験済みであると考えていたが、約 3 割が未体験である事に驚いた。Arduino について知っている人は 20.0%であり、昨年の 10.5%と比較すると約 2 倍になった。マイクロコンピュータに興味を持つ受講者が増えていることが窺えた。コンピュータプログラミング A の知識は、93.3%が役に立ったと回答しているが、100.0%にならなかったことは残念である。

表 3 アンケート調査結果 (初日)

質問項目	はい (%)	
	2014 年	2015 年
半田付けを行った事はありますか。	68.4	66.7
電子工作を行ったことはありますか。	31.6	33.3
Arduino を知っていましたか。	10.5	20.0
Arduino のセットアップは理解できましたか。	100.0	100.0
Arduino とパソコンの関係は理解できましたか。	100.0	100.0
コンピュータプログラミング A の知識は、役立ちましたか。	100.0	93.3
LED の電極 (アノード、カソード) は、理解できましたか。	100.0	100.0

初日の受講者の感想を以下に示す。本テーマの開催が受講者の興味を喚起していることが窺える。

- ・分かりやすくとても面白いと感じました。明日が楽しみです！

5.2 二日目のアンケート調査結果

二日目のアンケート調査は、アンケートを回収するシステムの不具合が発生し、三日目の冒頭に回答することになった。結果を表 4 に示す。昨年同様に、抵抗のカラーコードの読み方、バウンシング対策に delay 関数を使う所の理解が若干低下した。今年は、ジャンパが理解できていない受講者がいたことも分かった。

表 4 アンケート調査結果 (二日目)

質問項目	はい (%)	
	2014 年	2015 年
const の意味は、理解できましたか。	100.0	100.0
変数のスコープは、理解できましたか。	100.0	100.0
ブレッドボードの仕組みは、理解できましたか。	100.0	100.0
抵抗のカラーコードの読み方は、理解できましたか。	94.7	92.3
ジャンパは、理解できましたか。	100.0	92.3
モメンタリ型プッシュボタンスイッチ (タクトスイッチ) は、理解できましたか。	100.0	100.0
if 文でスイッチの状態を判断する仕組みは、理解できましたか。	100.0	100.0
バウンシングの意味は、理解できましたか。	94.7	100.0
バウンシングの対策に delay 関数を使う方法は、理解できましたか。	89.5	84.6

二日目の受講者の感想は、アンケートシステムのトラブルの影響もあり、未回答であった。

5.3 三日目のアンケート調査結果

三日目のアンケート調査結果を表 5 に示す。今年は PWM の理解が若干低下したが、アナログの入出力がやシリアル通信は、昨年以上に理解できていることが分かった。MOSFET の理解が、75.0%に低下した。RGBLED アレイの点灯は、配線等が少し複雑になり、83.3%の理解度となった。最大の狙いである、今後 Arduino を購入し、ハードウェアの工作を行いますか、は、昨年の 50.0%と比較し 83.3%に大きく向上した。

表 5 アンケート調査結果 (三日目)

質問項目	はい (%)	
	2014 年	2015 年
パルス幅変調 (PWM) は、理解できましたか。	100.0	91.7
LED のフェードインとフェードアウトの仕組みは、理解できましたか。	100.0	100.0
光センサ (CdS セル) の働きは、理解できましたか。	100.0	100.0
アナログ出力 (analogWrite) は、理解できましたか。	94.4	100.0
アナログ入力 (analogRead) は、理解できましたか。	94.4	100.0
シリアル通信は、理解できましたか。	94.4	100.0
MOSFET の働きは、理解できましたか。	88.9	75.0
10 ポイント RGBLED アレイの点灯の方法は、理解できましたか。	-----	83.3
今後 Arduino を購入し、ハードウェアの工作を行いますか。	50.0	83.3

三日目の受講者の感想を以下に示す。

- 3日間楽しかったです。ありがとうございました。
- とても面白かったです。Arduino の魅力を強く感じました。特に最後に挑戦した箱型の LED は面白かったです。点灯時間を短くして更に一色、色を抜くと黄色になったり桃色になったり…まだまだ色々遊びたいです！是非今後 Arduino を購入したいと思います！
- 今日の講義は難しく、言われたプログラムを打つのが精いっぱいでした。今後、ハードウェアの知識をもっと勉強していければいいと思いました。
- 自分なりにもっと勉強してみたくなった

6. 受講者のモチベーションの推移

「コンピュータプログラミング A」の授業では、受講者のモチベーションの向上を目的に SIEM (School of Information Environment Method: ジーム) を実践している。「コンピュータプログラミング A を教わった後のハードウェア入門」用の SIEM アセスメント尺度が存在しないために要因分析は行えないが、モチベーションは数値化できる。受講者のモチベーションを 1 回目と 3 回目の授業で測定した。調査項目は、重要度「ハードウェアを学習することは重要だと思いますか」、期待度「もっとハードウェアの知識や技術を高めたいと思いますか」を 5 段階のリッカート尺度で回答を求め、その積の平均で 1~25 に定量化する。

前期(1 回目の授業)のモチベーションは 20.8、後期(3

回目の授業)は 22.3 と、前期から後期にかけて 1.5 上昇した。この様子を表 6 に示す。前期から後期にかけて大きく上昇したことは、エクステンションによってハードウェアに対する興味が喚起されたためであると考えられる。「コンピュータプログラミング A」のモチベーションの推移と比較した結果を図 6 に示した。エクステンションの実施形態が集中講義形式であること、また前期と後期の期間が短いこともあり、単純な比較は難しいが、本テーマの後期の値が高い傾向が窺えた。

表 6 モチベーションの推移

	前期	後期
2014 年	21.3	20.3
2015 年	20.8	22.3

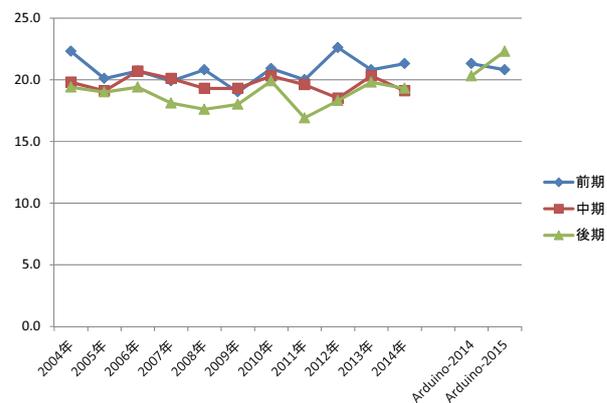


図 6 モチベーションの推移

7. おわりに

「コンピュータプログラミング A を教わった後のハードウェア入門」は、2 回目の開催となった。最大の狙いである、「今後 Arduino を購入し、ハードウェアの工作を行いますか」は、昨年の 50.0%と比較し 83.3%に大きく向上した。新しく取り入れた RGBLED アレイは、プログラムの工夫によって赤色、緑色、青色以外の色も発色できることに受講者が気付く、このことが後期のモチベーションを大きく向上できた要因であると考えている。一方、MOSFET の理解は昨年に引き続き低下しており、モータなどを扱う工夫も必要である。今後も「コンピュータプログラミング A」を教わった後にハードウェアを組み合わせると、とても面白い世界が待っていることを知る切っ掛けにしていきたい。

参考文献

- (1) Arduino をはじめようキット,
<http://www.switch-science.com/catalog/181/>
- (2) Massimo Banzì 著, 船田巧訳, Arduino をはじめよう 第 2 版, オライリー・ジャパン, 2012
- (3) 土肥紳一, エクステンションでのコンピュータプログラミング A を教わった後のハードウェア入門, コンピュータ利用教育学会, PC カンファレンス講演論文集, 2014
- (4) コンピュータプログラミング A を教わった後のハードウェア入門, エクステンションプログラム,
<http://dohi.chiba.dendai.ac.jp/~dohi/ext-arduino/>