

# 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

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

東京電機大学情報環境学部は、1月下旬から3月の講義休業期間を利用し、基礎学力の増進、応用・実践力の強化、各種公的資格取得の準備、就職活動支援等を目的としたエクステンションプログラムを開講している。テーマは協力可能な教員が公開し、学生諸君が自主的に申し込む。筆者は「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」を担当し、ハードウェアとの係わりを初めて体験する人の参加を前提に、50分2コマで3日間の集中講義を担当した。主な内容は、「コンピュータプログラミング A」(以下、「コンプロ A」と略)で学んだ知識を活用し、ハードウェア(Arduino)を体験する内容である。「コンプロ A」で教わった変数、繰り返し、メソッド等の概念は、ハードウェアとの係わりを体験することにより、プログラミングの知識を一層深めることを狙っている。さらに、ハードウェア固有の問題を体験し、その解決策を学ぶ。本論文では、実施結果について述べる。

## 2. Arduino について

筆者は情報環境学部が開設して以来、「コンプロ A」の授業を担当している。授業ではサクラエディタでプログラムを入力し、コマンドプロンプトでコンパイル、実行を行う。プログラム言語は Java を利用する。毎回の授業では白紙の状態からプログラムを入力するスクラッチプログラミングを実践し、プログラム入力上の作法に注意しながら指導する。プログラミングの授業は、正しい実行結果が得られるまで、多くの関門を突破する必要がある。また、実行結果はコマンドプロンプトの中に表示されるため、プログラミングの達成感を実感するには希薄な実態があり、ハードウェアとの係わりが認識されない。兼ねてから、プログラミングを学習しながらハードウェアとの係わりを体験できる必要性を感じていたが、これを十分に満足できる物が見当たらなかったが、Arduino の存在を知った。

Arduino は、イタリアで開発されたマイクロコンピュータである。Arduino Uno がキットとして販売されており、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。価格は 4 千円程度であり、学生諸君のお小遣いでも十分に手に入る。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、「コンプロ A」を教わった

後の受講者にとって馴染みやすい。LED を点滅するプログラムの例を図 1 に示す。このプログラムは、13 番のデジタルポートに接続した LED を 1 秒間点灯し、1 秒間消灯を繰り返すプログラムである。setup 関数は、プログラムの実行時に一度だけ実行され、変数の初期化等で利用する。loop 関数は、ブロックに記述された内容を無限に繰り返す。digitalWrite 関数は、指定したデジタルポートに HIGH または LOW を出力する。delay 関数は、ms 単位で遅延を行うことができる。

```
const int LED = 13;
void setup()
{
    pinMode(LED, OUTPUT);
}
void loop()
{
    digitalWrite(LED, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(LED, LOW);
    delay(1000);
}
```

図 1 LED を点滅するプログラムの例

## 3. エクステンションプログラム

### 3.1 テーマについて

2013 年度に実施したエクステンションプログラムは、補講プログラム、基礎プログラム、応用・実践プログラム、資格試験関連プログラム、就職関連プログラムが公開された。テーマの一覧を表 1 に示す。

表 1 エクステンションプログラムのテーマ一覧

プログラム	テーマ (参加希望人数)
補講	分散リアルタイムシステム・OS 補講・履修準備(52), コンピュータープログラミング A の補講(6), 計算機数学(オートマトン)(8), R による確率統計の補講(4)
基礎	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(20), 円運動と回転の力学(3), 代数方程式の解の公式(7)
応用・実践	コンパイラを作ってみよう(29), DB/SQL プログラミングの練習(15), 建築模型をつくらう(5), AutoCAD を覚えよう(5)
資格試験関連	TOEIC 試験受験対策(34), 基本情報技術者試験対策(41), 応用情報技術者試験対策(6)
就職関連	仕事が面白くてしょうがないOBの講演会(14)

### 3.2 実施内容とスケジュールについて

「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 2 に示す。20 名の受講を想定し、Arduino Uno がキットとテキストになる Arduino をはじめよう 第2版を人数分準備した[1,2]。エクステンションの応募を募ったところ、定員 20 名に対し、ちょうど 20 名の希望があった。開講時間帯は、14:30~16:20(途中 10 分の休憩)である。その他の特記事項として、半田付けはしないことを伝えた。また、ハードウェアとの係わりを、初めて体験する人の参加を奨励することを申し添えた。

表 2 スケジュール

日程	内容
1月 20 日	統合環境 Arduino のインストール, LED の表示
1月 21 日	スイッチを使った LED の表示
1月 22 日	光センサーを使った LED の表示

### 4. 受講者の様子

ハードウェアを扱うためには、「コンプロ A」の授業では体験できない事が生じる。扱う部品が小さい事、部品によっては極性がある事、配線のために多少の手先の器用さが要求される事である。図 2 と図 3 にエクステンションの様子を示す。受講者の様子について以下に述べる。



図 2 受講者の様子

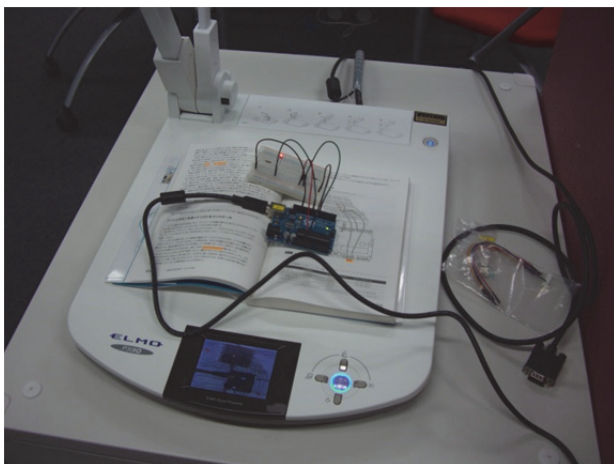


図 3 教材提示装置を使った説明

### 4.1 配線の面倒さ

半田付けはしなくて良いが、ブレッドボードを使った配線の苦手な受講生が居た。ジャンパーに使用する配線は単線を使っているが、ブレッドボードに抜き差ししているうちに単線が折れ、ブレッドボードに刺さったままになる事態も生じた。また、ブレッドボード上の配線は、電気的な接続が正しければ、色々な実体配線が存在するが、その自由度が、面倒さを助長している面もあった。この点は、同じ実行結果を得るためのプログラムは何通りかの記述方法がある事と同じである。

### 4.2 部品の極性

使用する部品には、極性が有るものと無い物がある。もちろん、極性を間違えると正しく動作しない。発光ダイオードは、極性のある部品である。今回使用したキットの中には、赤、青、緑の 3 色が用意されている。非常に小さな部品であるが、明るく輝く。極性(アノードとカソード)の見分け方は、リード線の長い方がアノード(陽極)、短い方がカソード(陰極)になる。さらに発光ダイオードのカソード側は少し欠けており、また内部の電極が大きい方がカソードであることを体験した。

### 4.3 接触不良

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、接続の不具合による接触不良が生じた。特に、プッシュボタンの不具合が目立った。ブレッドボードに差し込んだつもりが、浮き上がってくる事が多かった。また、扱う部品が小さいため、受講者の力加減や器用さが、ハードウェアでは顕著に影響する事を体験した。

「コンプロ A」では、キートップが扱う部品で最も小さいことが考えられる。しかし、ハードウェアで扱う部品は、キートップと比較して遥かに小さい。

### 4.4 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。この授業をまだ受講していない受講者は、初めてカラーコードの読み方を知る者がいた。

### 4.5 MOSFET の活用

Arduino をはじめようキットの中にはモータは含まれていないが、大きな電力が要求される装置を動かすためには、USB で供給される電流では不足する。このため別に電源を準備し、これを制御するために MOSFET (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor) を使う。プログラミングの世界では、物を制御するためのロジックが重視されるが、大きな電力を制御しながら物を動かす仕組みに遭遇できた。

### 4.6 バウンスの体験

スイッチを押す度に、照明を付けたり消したりすることは、プログラムの中ではその状態を変数に保存し、スイッチの操作毎に変数の状態を変化させることで、容易にプログラムを組むことができる。しかし、現実的に Arduino を使ってプログラムを実行すると、不安定な動きになることを体験する。プログラムの中に記述されたロジックを追跡する限り、誤りは発見されない。この問題の本質は、機械的な接点を持つスイッチでは、

バウンシングが発生することにある。スイッチの状態を観測する時に、機械的な接点の揺れによってスイッチが不安定な状態となり、短時間にスイッチのオン・オフが繰り返される。Arduino は毎秒 1600 万行の速さで動作しており、この不安定な状態を検出してしまふ。受講者にとって初めての体験となる。「コンプロ A」では想像もできない現象が、ハードウェアを通じて体験できた。

この問題の解決策は、バウンシングが治まる時間を見込んで、20~30ms の遅延を入れることである。中には、1000ms 程度の遅延にしないと不安定な動きが発生するとの指摘があった。スイッチ以外の部分で、接触不良が発生していた可能性がある。

#### 4.7 PWM による輝度の制御

受講者が所有しているノート PC には、スリープ状態に入ると LED がゆっくり点滅する機種がある。偶然、参加者の大半がこの機能を搭載したノート PC を利用しており、Arduino で同様に動作するプログラムを試した。LED の点灯時間を制御する事によって、人の目では明るさが変化しているように見えることを体験した。その変化が速すぎると、人の目では認識できないため、一定時間点灯させるために遅延を入れる。この事は Arduino が高速に実行していることを体感できる良い例であった。また、Arduino の機能で、PWM(Pulse Width Modulation : パルス幅変調)を容易に実現できることは素晴らしい。

#### 4.8 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。Arduino にはアナログポートが装備されており、CdS を容易に接続することができる。また、組み合わせる抵抗値によって、LED の明るさが変化し、組み合わせによって、光量が不足する場合は、顕著な反応に見えない。アナログポートから入力された光の変化が数値として取り出すことができ、受講者の興味を喚起した。また 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、顕著に反応が現れた。ハードウェアの特性に合わせて、プログラムで微調整する必要があることを体験できた。

#### 4.9 コンソールの表示

USB を介して、Arduino からアナログポートの数値を表示することができる。まさに、「コンプロ A」でディスプレイに表示するプログラムと類似している。Arduino でプログラムが起動すると、時々刻々送られてくる数値データが、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、時々刻々変化する事は受講者にとって新鮮であった。

### 5. アンケート調査結果による分析

「コンプロ 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。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を表 3 に示す。半田付け

の経験者が 68.4%おり、31.6%はその経験が無いことが分かった。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、10.5%であった。

表 3 アンケート調査結果 (初日)

質問項目	はい(%)
半田付けを行った事はありますか。	68.4
電子工作を行ったことはありますか。	31.6
Arduino を知っていましたか。	10.5
Arduino のセットアップは理解できましたか。	100.0
Arduino とパソコンの関係は理解できましたか。	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
LED の電極 (アノード, カソード) は、理解できましたか。	100.0

初日の受講者の感想を以下に示す。

- Android のアプリ開発をしていますが、ハードウェアのことについてはあまり触れたことがなかったので楽しいです。
- Arduino については、知ってはいましたが手は出していなかったもので、いい経験になっています。3 日間で終わってしまうのは少し残念ですが、機会があれば自分でも購入して弄ってみたいと思いました。
- コンピュータで動かすことで少し実感がわきました。
- そもそもハードウェアってなんですか？
- まだ、ついていけそうです。
- 難しいかと思っていたが、今日のところは意外と難しくなかった。
- 面白そうな講義なので受けてよかったと思っている

#### 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結果を表 4 に示す。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。

表 4 アンケート調査結果 (二日目)

質問項目	はい(%)
const の意味は、理解できましたか。	100.0
変数のスコープは、理解できましたか。	100.0
ブレッドボードの仕組みは、理解できましたか。	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
ジャンパは、理解できましたか。	100.0
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
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
バウンシングの意味は、理解できましたか。	94.7
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

二日目の受講者の感想を以下に示す。

- どうか、ついて行けてます。
- バウンシングというものを初めて知った。面白い現象だと思う。
- 思うように動かなかったので難しかったが、今日の内容はとても面白かった。
- 少し難しかった

- ・少し難易度は上がってきましたが、スイッチのバウンシングは制御プログラムを作るうえで気を付けなれないといけないということは理解しました。
- ・抵抗のカラーコードの読み方を初めて知りました。あと、delay が 10~50 ミリ秒とありましたが、何度か試行してみて、50 よりも大きい値が必要だと感じました。

### 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。アナログの入出力が理解できていない人がいウンシング対策に delay 関数を使う所の理解が、若干低下した。

表 5 アンケート調査結果 (三日目)

質問項目	はい(%)
パルス幅変調 (PWM) は、理解できましたか。	100.0
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
光センサ (CdS セル) の働きは、理解できましたか。	100.0
アナログ出力 (analogWrite) は、理解できましたか。	94.4
アナログ入力 (analogRead) は、理解できましたか。	94.4
シリアル通信は、理解できましたか。	94.4
MOSFET の働きは、理解できましたか。	88.9
今後 Arduino を購入し、ハードウェアの工作を行いますか。	50.0

三日目の受講者の感想を以下に示す。

- ・3回の講義でしたが、新しく学ぶことは多かったです。シリアル通信の知識を使って、今後色々と遊べそうです。
- ・いつか購入して弄ってみたいと思いました。
- ・このエクステンションプログラムで色々なことを学ぶことができた。エクステンションだけでなく普通の授業として、プログラミングとハードの関係の授業を開講してほしいと思った。
- ・このエクステンションを通してハードウェアとプログラミングの関係性が実感できた。
- ・シリアルモニタがとても好み
- ・ハードウェアと GUI を連結させた、簡単なゲームみたいなものを作成するような授業であれば、もっと面白かったと思います。
- ・ハードウェアの仕組みがわかり、ハードウェア特有の問題があることが初めて知り、勉強になりました。
- ・楽しかったです!!
- ・今回のプログラムで Arduino のことについて少し学ぶことができたのと、ハードウェアに対する興味が一段と高まったのでよかったです。今後も Arduino について、もっと学びたいと思いました。
- ・前よりも、プログラミングに対する自信も知識もつけることができました。
- ・面白い講義だった。受講してよかったと思っている。ハードウェアの知識も少しは身についたと思う

### 6. 受講者のモチベーションの推移

「コンプロ 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 : ジーム)を実践している[3]。「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 に数値化する。

前期(1 回目の授業)のモチベーションは 21.3、後期(3 回目の授業)は 20.3 と、前期から後期にかけて 1.0 低下した。エクステンションの実施形態が集中講義形式である事、また前期と後期の期間が短い事もあり、「コンプロ A」のモチベーション推移と直接比較する事は難しいが、初期値が 21.3 と高い値になった事は、エクステンションに参加する受講者の潜在的なモチベーションの高さを象徴している。本テーマの web サイトの様子を図 4 に示す[4]。

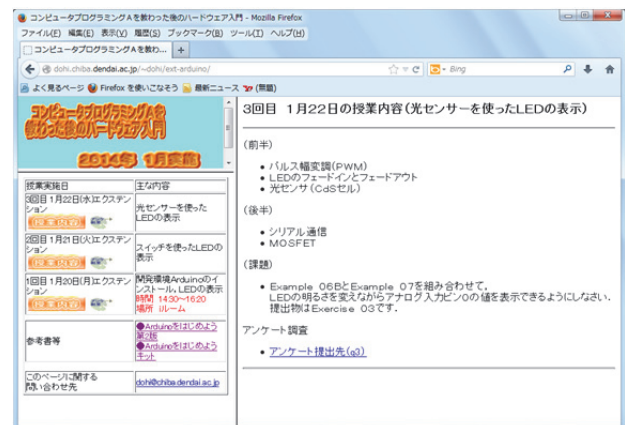


図 4 エクステンションの本テーマのサイト

### 7. おわりに

エクステンションの最終日に行ったアンケート調査項目の中に、「今後 Arduino を購入し、ハードウェアの工作を行いますか」との設問を設け、回答を得た。最終日の参加者は 18 名になり、「はい」「いいえ」共に 9 名であった。本テーマは、受講者の約半数が Arduino を購入しようと思う動機づけとなった。モチベーションは、前期から後期にかけて 1.0 低下した。受講者数が少ないため、変動が大きくなりがちであるが、今後はこれを改善する事が課題となる。継続的に実施しながら、分析していく予定である。

### 参考文献

- (1) Arduino をはじめよう 第2版, オライリー
- (2) Arduino をはじめようキット, <http://www.switch-science.com/catalog/181/>
- (3) SIEM によるオブジェクト指向プログラミング入門教育のモチベーションと成績の分析, 土肥紳一, 宮川 治, 今野紀子, コンピュータ利用教育協議会(CIEC), PC カンファレンス 2013 講演論文集, p115-p118
- (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/>