

京都教育大学
平成 29 年度 修士論文

Arduino の理科教育への利用

2018 年 3 月 10 日

理科教育専修
基礎物理学研究室 修士 2 年

家田 晋輔

指導教員
高嶋 隆一
谷口 和成

研究背景

情報機器の発達に伴い、日本社会と情報機器は切り離せないものとして成立しつつある。

昨今の義務教育においてプログラミング教育は重要視され、2012 年から施行された中学校新学習指導要領の第 2 章 8 節においては以下のような文面でプログラムの必修化に関して記述されている。

プログラムによる計測・制御について、次の事項を指導する。

ア コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組みを知ること。

イ 情報処理の手順を考え、簡単なプログラムが作成できること。

また初等教育においても、2020 年よりプログラミング教育の必修化が検討されており、プログラミングがより社会や教育と密接な関わりを持つことが予想される。

文献 [1] などのアンケート結果によると、多くの人々はプログラミング教育に肯定的であるが、「プログラミングより学習すべき学問があると思う」「IT 技術職に就くとも限らないのにプログラミングを学ぶことのメリットがわからない」などの理由から、プログラミング教育に否定的である意見も見られているのが現状である。

2016 年の卒業研究において、家田は「Arduino を用いた宇宙放射線の計数システムの作成」という題材で研究を行った。また京都教育大学理科教育専修での修士課程において ATLAS 実験に参加し、素粒子物理学の研究を進める上でプログラミング能力の必要性を感じた。プログラミングはいたるところで使用されており、自身の研究活動を手助けするツールともなりえる。特に理科においてはデータ収集や条件、環境制御などにおいて必要とされる場面は多く、理科教育との親和性も高いと考える。

これらの背景から汎用で安価なマイクロコンピュータである Arduino を教育に使用することで、理科教育とプログラミングのつながりや必要性について感じられる授業の開発を行った。本論文ではその内容と授業実践の結果について報告する。

目次

1	序論	4
1.1	研究計画	4
1.2	Arduino	5
1.3	Arduino IDE	6
2	Arduino を用いた理科教材の開発	7
2.1	実験 1 : LED の点灯	7
2.2	実験 2 : タクトスイッチを使用した LED の点灯実験	8
2.3	実験 3 : コンデンサーの充電観察	9
3	授業実践とアンケート調査	11
3.1	アンケート調査 1 : プログラミング教育に関する意識調査	11
3.2	アンケート調査 1 の結果に関する考察	12
3.3	アンケート調査 2 : 授業実践への評価	13
3.4	アンケート調査 2 の結果に関する考察	15
4	自由記述, 授業者の印象を踏まえた考察	16
5	結論	17
6	付録	18
6.1	授業で使ったアンケート調査用紙	18
7	謝辞	20

図目次

1	Arduino UNO	5
2	Arduino IDE 起動画面	6
3	実験 2 接続回路	8
4	実験 2 接続例	8
5	実験 3 接続回路	9
6	シリアルモニタへの電圧表示	10
7	コンデンサー充電のグラフ	10
8	アンケート調査 1-1	12
9	アンケート調査 1-2	12
10	アンケート調査 1-3	12
11	アンケート調査 1-4	12
12	アンケート調査 2-1	14
13	アンケート調査 2-2	14
14	アンケート調査 2-3	14
15	アンケート調査 2-4	14
16	アンケート調査 2-5	14
17	アンケート調査 2-6	14
18	アンケート調査 2-7	15

表目次

1	アンケート調査 1 に対する回答の分布	11
2	アンケート調査 2 に対する回答の分布	13

1 序論

1.1 研究計画

学校教育におけるプログラミング必修化の流れに対し、文献 [1] によるアンケート調査から、問題点として以下のような意見が挙がっている。

- プログラミングより学習すべき学問があると思う（英語力の強化など）
- 小学生の時は読み書き演算（国語算数）の演習の時間を増やして、基礎を徹底的に習得させたほうがいい
- 教員にどれだけのスキルが身についているかが不安
- IT 技術職に就くとも限らないのにプログラミングを学ぶことのメリットがわからない

これらの意見より、まだ教育現場にプログラミングを積極的に取り入れる環境が整っていないことが感じられる。特に 4 つ目の問題点の原因として、研究や実験へプログラミングを活用することに対する認識が薄いと考えられる。自身の経験から、研究活動や実験データの整理にプログラミングを活用することが有用であると私は考えているが、人によってはそういった機会が少ないのも事実である。

これに対し、理科の実験において簡単なプログラミングを使用することで精度の良い実験結果を得られる、という経験をするのが有用であると考え、理科とプログラミングのつながりを意識させる授業を考案した。

題材は『Arduino を使用したコンデンサー充電の観察実験』とし、平成 29 年度京都教育大学『物理 II』の授業において実践 (90 分間) を行った。実施日は平成 29 年度 12 月 4 日であり、受講者は 47 名であった。

授業後に行ったアンケート調査の結果、自由記述の内容、授業者による観察から、実践に対する改善点を考察した。

1.2 Arduino

Arduino は複数のデジタル、アナログ入出力端子を搭載したマイクロコンピュータである。Arduino のデジタルピンからは TTL 規格での信号の入出力を行うことができる。またアナログピンにおいては TTL-HIGH である 5V の信号を 10bit に分割し読み込みを行うことが可能である。他にも 5V 出力端子, 3.3V 出力端子などがある。

Arduino を学校教育に用いるメリットとして、以下の点が挙げられる。

- ソフトウェアも含め、比較的簡単かつシンプルで使いやすい
- プログラミング言語として一般的な C, C++ が基本となっていることから、今後のプログラミング学習の土台とすることが期待される
- 外部機器との接続が容易であり、電子部品を用いることで目に見える結果が得られる
- 導入費用が安価であり、台数を用意しやすい

本授業実践においては、Arduino UNO を二台、Arduino Duemilanove を一台、互換ボードである Japanino(文献 [4] 付録) を三台使用した。



図1 Arduino UNO

1.3 Arduino IDE

Arduino におけるプログラムはスケッチと呼ばれており、独自の Arduino 言語のほかに C 言語、C++ によって記述することができる。スケッチの記述やコンパイル、Arduino への書き込み、シリアルモニタの使用は Arduino IDE というソフトウェアを用いて行う。

Arduino のスケッチは大きく Setup 部と Loop 部に分けることができる。Setup 部に記述した内容は、マイコンボードへの書き込みを行った際、または Arduino に電源が供給されたときに一度だけ実行される部分であり、Loop 部に記述した内容は Arduino に電源が供給されている間、繰り返し実行される部分である。

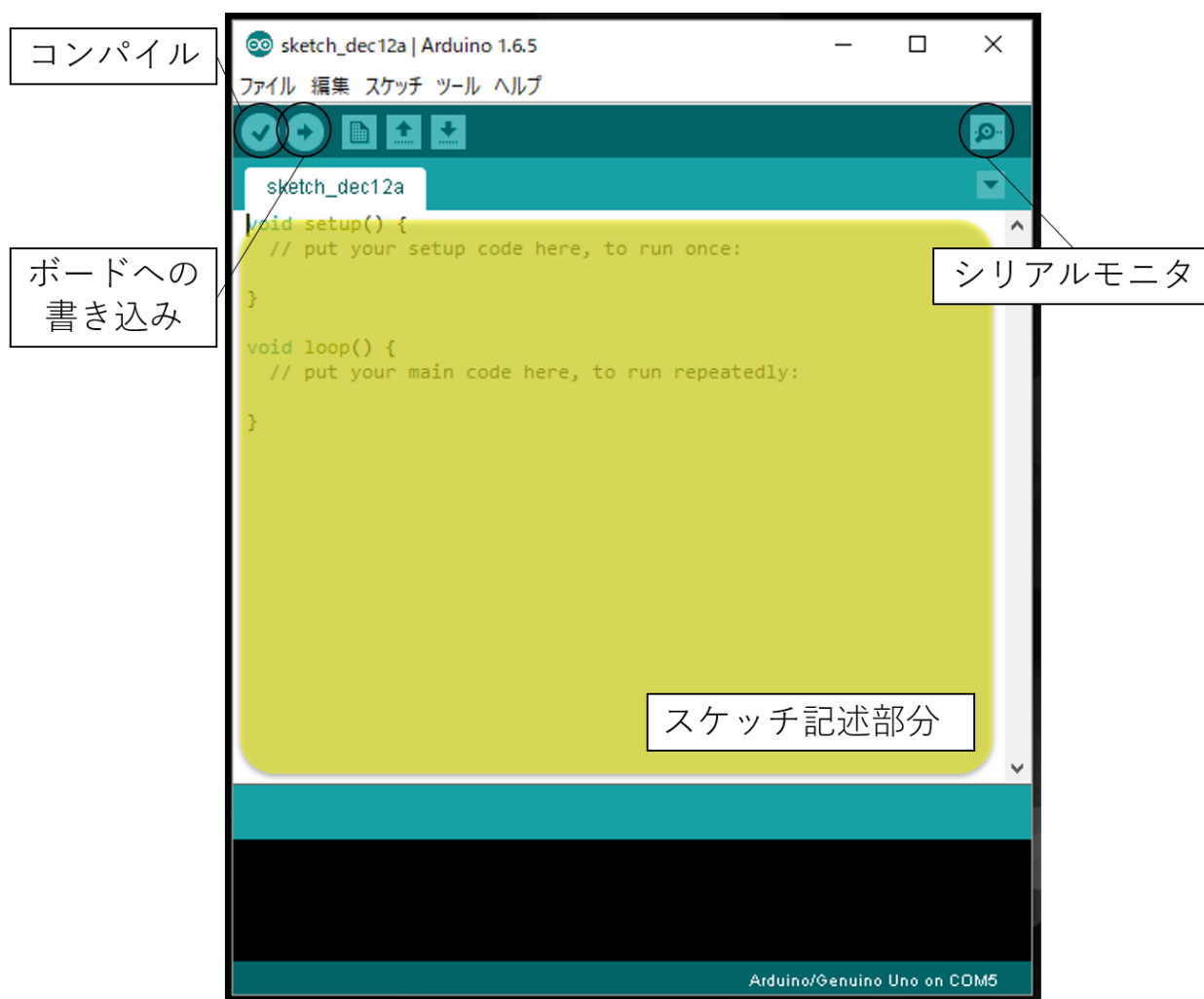


図2 Arduino IDE 起動画面

2 Arduino を用いた理科教材の開発

1.1 章に記述したように、本研究では Arduino を用いて理科教育とプログラミングのつながりを意識させる教材の開発を行った。授業で使用する PC にはあらかじめ Arduino IDE(Japanino を使用する PC は互換ソフトウェア) をインストールしておき、授業時には IDE の「ツール」タブより、使用するマイコンボードとポートの設定を授業者側で行った。

授業で実践したプログラミングの内容と授業内での目的を以下に記述する。

2.1 実験 1 : LED の点灯

まずは Arduino の取り扱いやスケッチの記述方法に慣れるために、簡単な LED の点灯実験を行った。0.5 秒ごとに LED を点滅させるプログラムを記述し、スケッチの Setup 部, Loop 部に関する説明を行った。使用したスケッチは以下の通りである。

```
void setup() {  
  pinMode(13, OUTPUT); //デジタル 13 番ピンを出力に設定  
}  
  
void loop() {  
  digitalWrite(13, HIGH); //13 番ピンを HIGH  
  delay(500); //500ms 待つ  
  digitalWrite(13, LOW);  
  delay(500);  
}
```

以上の内容を Arduino IDE からマイコンボードに書き込み、デジタル 13 番ピンと GND の間に LED を接続することで 0.5 秒ごとに LED を点滅させることができる。また delay() の秒数を書き換えることで、LED 点滅の周期を変更することができる。

2.2 実験 2：タクトスイッチを使用した LED の点灯実験

次にタクトスイッチを使用した LED の点灯実験を行った。タクトスイッチを使用する目的は、実験 3 に向けてブレッドボードの使用方法を確認することと、スケッチによる読み込み信号の読み込みを行うためである。スイッチを押している間、はデジタル 7 番ピンに 5V が供給され、その信号をトリガーとすることでデジタル 13 番ピンから 5V が出力され LED が点灯する。使用したスケッチと接続方法は以下の通りである。

```
void setup() {  
  pinMode(13, OUTPUT); //digital(13) を出力に設定  
  pinMode(7, INPUT); //digital(7) を入力に設定  
}  
  
void loop() {  
  if (digitalRead(7) == HIGH) {  
    digitalWrite(13, HIGH);  
  } else {  
    digitalWrite(13, LOW);  
  }  
}
```

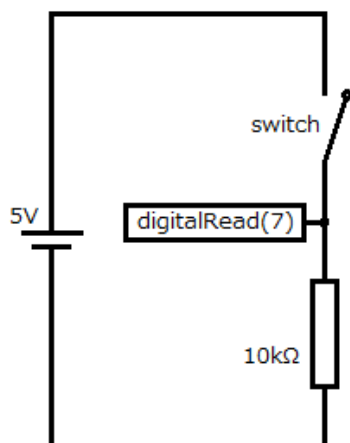


図 3 実験 2 接続回路

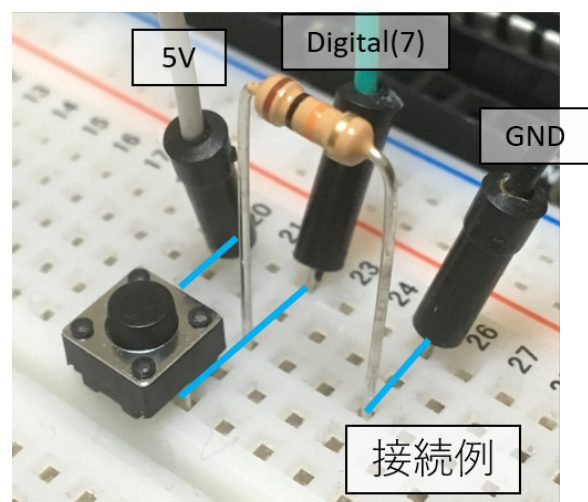


図 4 実験 2 接続例

2.3 実験3：コンデンサの充電観察

コンデンサの充電観察を Arduino IDE のシリアルモニタで行い、表計算ソフトでグラフを作成することによってコンデンサ充電の滑らかな曲線のグラフを観察することができる。0.1 秒に 1 回コンデンサ両端の電圧を読み取り、シリアルモニタに出力する。理科とプログラミングのつながりについて意識させる授業を行うことが本実践の目的であり、この実験によって理科の実験におけるプログラミングの有用性を意識させることを授業内での目的としている。使用したスケッチと接続方法は以下の通りである。

```
double i, n = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600); //シリアルポートを使用
}
void loop() {
  i = analogRead(0);
  n = i * 0.0049; //デジタル値を電圧に変換
  Serial.println(n); //シリアルポートに出力
  delay(100);
}
```

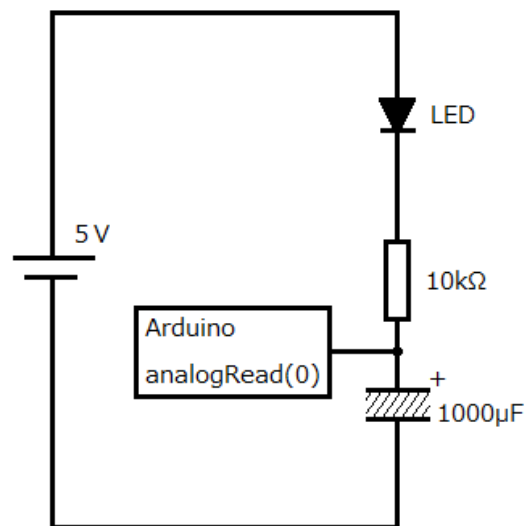


図5 実験3 接続回路

シリアルモニタを開き、コンデンサの充電を始める。シリアルモニタに出力された電圧の値をコピーし、表計算ソフトで時間情報とともにグラフを作成することで、以下のような曲線のグラフが得られる。

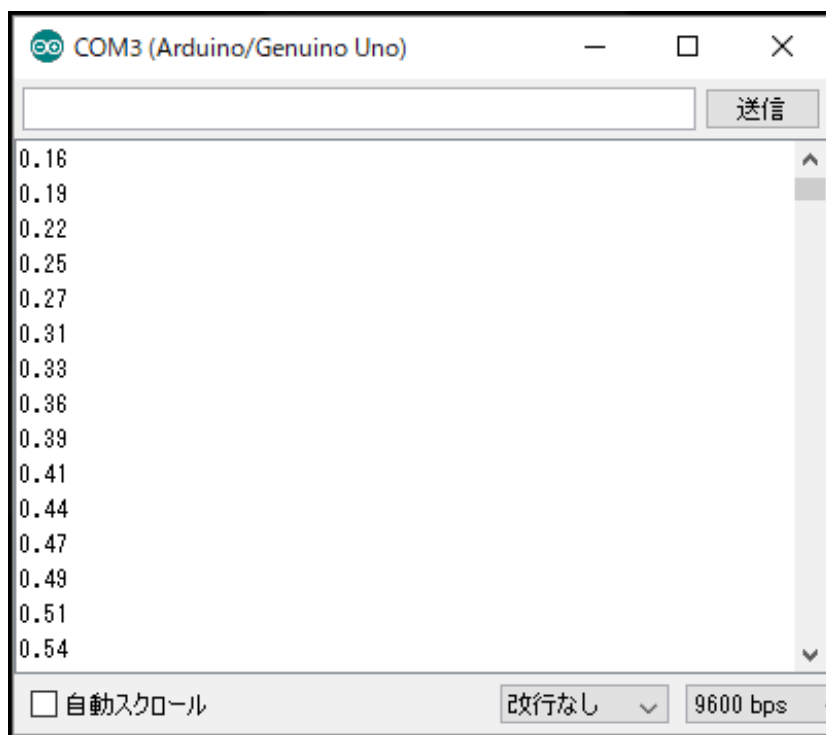


図 6 シリアルモニタへの電圧表示

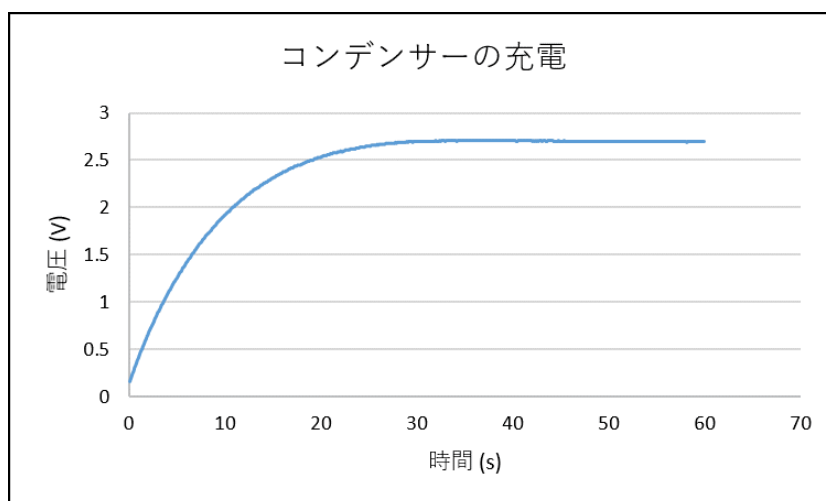


図 7 コンデンサー充電のグラフ

3 授業実践とアンケート調査

平成 29 年 12 月 4 日の授業実践において、受講者 47 名にアンケート調査を行った。内容は主にプログラミング教育に関する意識調査と授業後の授業実践への評価、自由記述による授業へのフィードバックである。授業実施前に以下に記述するアンケート調査 1 を行い、授業実践後にアンケート調査 2 と自由記述欄に関する回答を求めた。

アンケート調査 1, 2 においては、それぞれの質問に対し肯定 (大), 肯定 (中), 肯定 (小), 否定 (小), 否定 (中), 否定 (大) の 6 段階評価で評価を行った。

使用したアンケート用紙は付録として 6 章に掲載する。

3.1 アンケート調査 1：プログラミング教育に関する意識調査

プログラミング教育に関する意識調査として行ったアンケートの内容と集計結果は以下の通りである。

- 1-1 プログラミング教育に興味がある (1:ある ~ 6:ない)
- 1-2 小学校でのプログラミングの必修化は必要である (1:そう思う ~ 6:そう思わない)
- 1-3 中学校でのプログラミング教育は必要である (1:そう思う ~ 6:そう思わない)
- 1-4 プログラミング教育は敷居が高く、難しそうだと思う (1:そう思う ~ 6:そう思わない)

回答	1-1	1-2	1-3	1-4
1	8	1	3	23
2	10	7	9	13
3	8	12	12	8
4	6	7	11	2
5	9	12	9	1
6	6	8	3	0
average	3.34	3.98	3.49	1.83
median	3	4	3	2

表 1 アンケート調査 1 に対する回答の分布

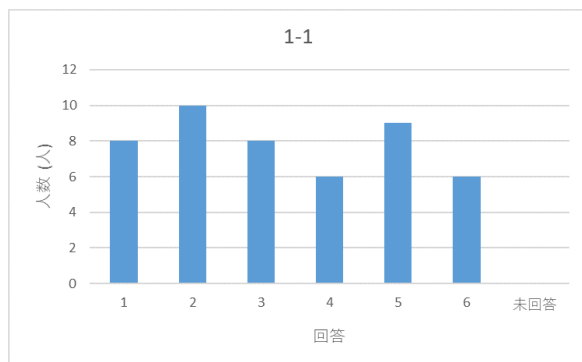


図8 アンケート調査 1-1

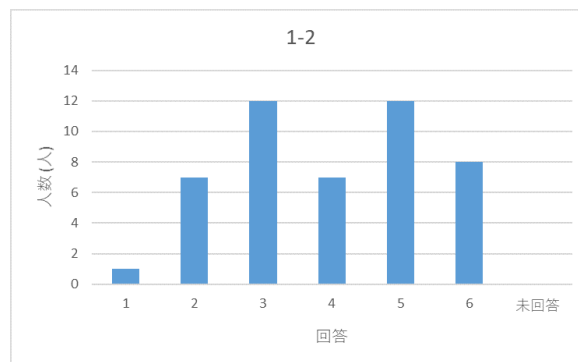


図9 アンケート調査 1-2

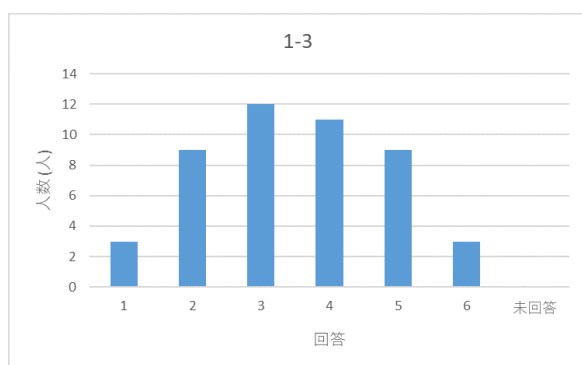


図10 アンケート調査 1-3

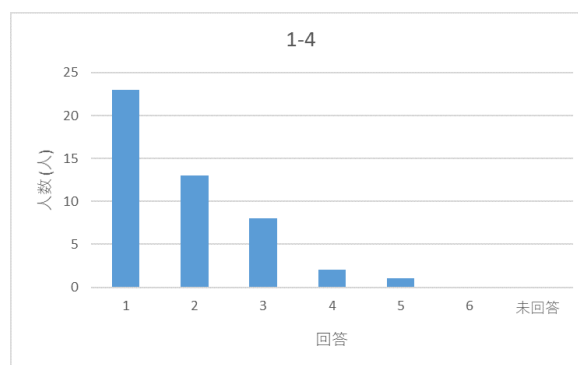


図11 アンケート調査 1-4

3.2 アンケート調査 1 の結果に関する考察

3 章に記載した通り、アンケート調査 1 に関しては授業実践の実施前に行っている。

1-1 の回答に関して、受講者に理科、技術領域専攻の受講者が多いことからプログラミング教育に興味を思っている受講者が多いのではと予想していたが、この予想に関して表立った傾向は見られなかった。3,4 と回答した受講者よりも 2,5 と回答した受講者が多少多かったことから、プログラミングが自分の専門分野に関係ある、または無いものとして割り切っている受講者に分かれる傾向にあるのではないかと考える。

1-2, 1-3 は初等、中等教育におけるプログラミング教育の必要性について、1-4 はプログラミング教育の印象についての質問であった。回答の平均値が 1-2 の方が高かったことや、1-4 の回答に関して「プログラミング教育は敷居が高く、難しそうだと思う」と回答した受講者が多かったことから、プログラミング教育は敷居が高く、特に初等段階の義務教育においてはあまり必要性を感じていない傾向にあるといえる。

3.3 アンケート調査 2：授業実践への評価

授業実践への評価として行ったアンケートの内容と集計結果は以下の通りである。

- 2-1 プログラミング教育に興味を持つことができた (1:そう思う ～ 6:そう思わない)
- 2-2 プログラミング教育は必要だと思う (1:そう思う ～ 6:そう思わない)
- 2-3 授業で行ったプログラミングは難しかった (1:そう思う ～ 6:そう思わない)
- 2-4 Arduino は理科教育に有用であると思う (1:そう思う ～ 6:そう思わない)
- 2-5 Arduino はプログラミング教育に有用であると思う (1:そう思う ～ 6:そう思わない)
- 2-6 Arduino の使用は簡単だと感じた (1:そう思う ～ 6:そう思わない)
- 2-7 プログラミングと理科のつながりが感じられた (1:そう思う ～ 6:そう思わない)

回答	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7
1	7	4	11	6	7	4	7
2	11	11	13	12	12	8	6
3	15	10	13	14	14	11	17
4	4	11	7	12	9	10	11
5	7	10	1	2	4	9	5
6	2	0	1	0	0	4	0
average	2.98	3.26	2.50	2.83	2.80	3.52	3.02
median	3	3	2	3	3	3.5	3

表 2 アンケート調査 2 に対する回答の分布

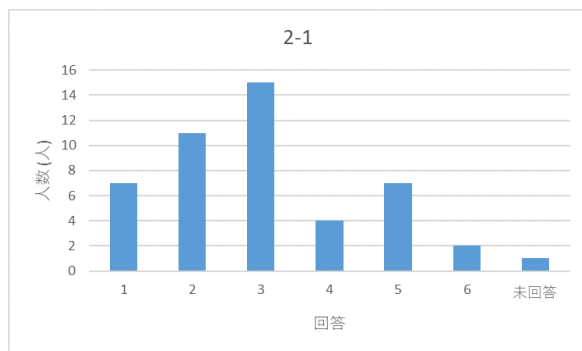


図 12 アンケート調査 2-1

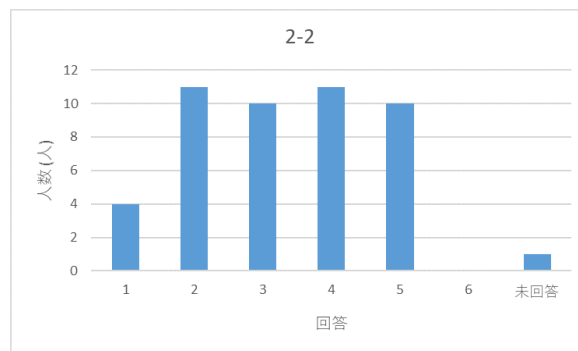


図 13 アンケート調査 2-2

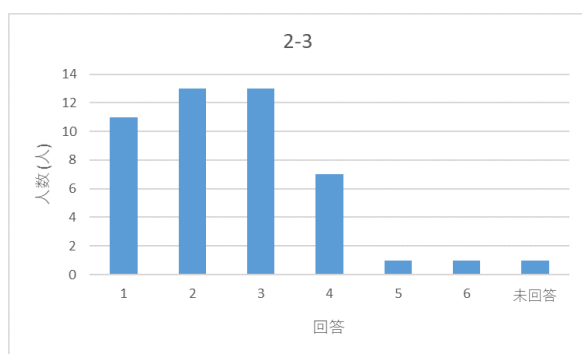


図 14 アンケート調査 2-3

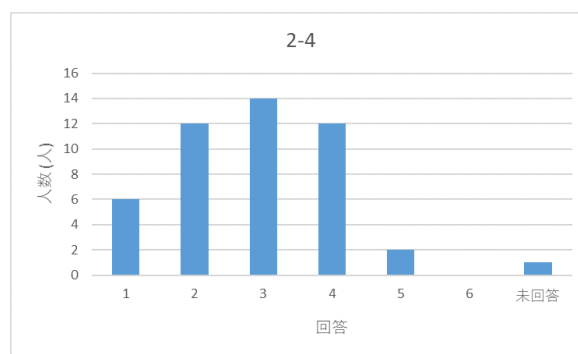


図 15 アンケート調査 2-4

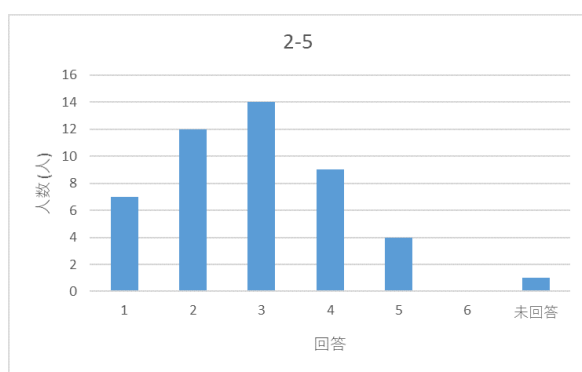


図 16 アンケート調査 2-5

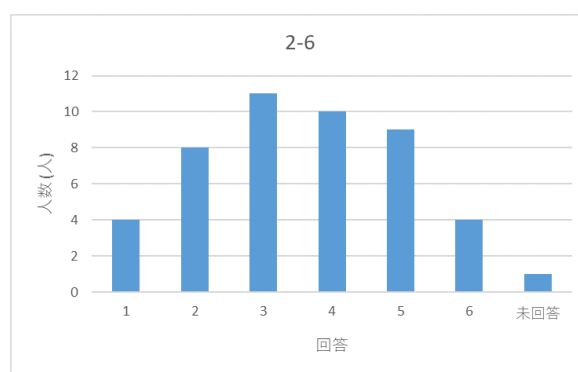


図 17 アンケート調査 2-6

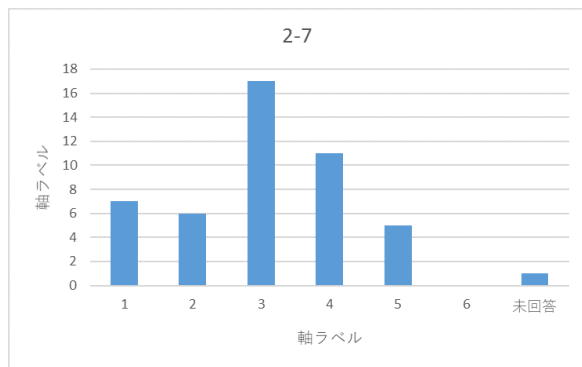


図 18 アンケート調査 2-7

3.4 アンケート調査 2 の結果に関する考察

3 章に記載した通り、アンケート調査 2 に関しては授業実践の実施後に行った。

2-1 の回答に関しては 1 ～ 3 と回答した受講者が多かったため、授業によってプログラミングに関する興味付け自体はそれなりに出来ていると考えるが、2-2 の回答を見る限りでは、プログラミング教育の必要性に関してはあまり伝わらなかったようである。また 2-3 より、実践で行ったプログラミングに関しても難しいと感じた受講者が多かったようである。

Arduino の教育への有用性に関しては 2-4, 2-5 においてほぼ同様の傾向が見れ、それなりに有用であると感じている受講者が多かったようである。しかし授業での使用感としては「簡単である」または「難しい」に偏るような傾向は見られなかった。プログラミングと理科のつながりに関しても若干「有用である」という方向によってはいるものの、改善の余地が感じられる結果となった。

4 自由記述, 授業者の印象を踏まえた考察

授業実践での問題点として感じたのは、「プログラミングがある程度できる, 興味がある人が中心になって作業をほぼやりきってしまうため, 興味が無い受講者はあまり参加しようとしにくい」という内容である。授業用に用意できた Arduino の台数の都合から 6 班編成での授業となってしまったことで, 班内での授業参加への積極性が二極化しているような印象を受けた。自由記述での回答にも数人が「Arduino の台数が必要である」という内容を記述しており, 全員ができるだけ授業に参加するためには班をもっと細分化する必要と, それだけの準備物が必要となる。

しかし本実践においても机間指導にかなり時間を割く必要があったため, 班編成を細分化すると同じ授業を行ったとしてもさらに時間がかかってしまう可能性がある。そのため, 班編成を細分化するよりは少人数の授業で実践することが望ましいと考える。

Arduino の使用に関しては, 「難しい」「簡単」と答える受講者に分かれたが, 自由記述で Arduino の使用が難しいと回答した受講者の中でも, アンケート調査 2-6 においては 2 と回答している受講者も数人見られた。このことから, Arduino 自体というよりはソースコードのプログラミングに関して苦手意識があると考ええる。

理科との関連においては「Arduino の使い方が分かっているれば, 特に電気分野においては有用である」との回答が数件みられた。本授業ではコンデンサー充電のグラフ化を行ったが, 「実験データがきれいに可視化できる」という点に関しては良い印象を与えることができたようである。

一方で「理科との関連についてあまり分からなかった」「理科というよりは情報科・技術科に寄っている」という回答も見られた。考えられる大きな要因としては, コンデンサーの充電の観察前に Arduino のチュートリアルとして行った実験 1, 実験 2 とその説明が, 割合として授業の大部分を占めてしまったことが挙げられる。しかしチュートリアルは Arduino の使用を行う上で不可欠であるため, チュートリアルを減らすよりは他の授業で Arduino を活用することが, 理科との関連性を深める要因になると考える。自由記述においても「Arduino の使用方法が分かっているれば有用である」という意見が複数見られたため, 一時間の授業のみでなく長期的に Arduino を使用していくことが理科におけるプログラミング教育として有効であると考ええる。

5 結論

アンケート調査等から考察した内容から、Arduino を理科教育へ利用する上での有用性や難点をまとめ結論とする。

本実践において Arduino の有用性に関しては、特に目に見えない実験結果を可視化する電気分野に関して有用性があると感じさせることができたと考える。しかし授業に Arduino を導入する上では授業時間や台数の関係により、ある程度班編成、クラス編成が少人数である方が適している。

アンケート調査の結果からも言えるように、プログラミング教育が義務教育段階で必修化されつつあるとはいえ、プログラミング自体には依然として敷居が高い印象があり、苦手意識を持っている学生は少なくない。技術・情報科以外の授業でプログラミングを用いる場合チュートリアルが必要であり、時間を割く必要があるのも事実である。チュートリアルが授業の大部分を占める場合、受講者側に目的をはっきりと意識させられる授業を行うことが重要であると言えるだろう。

また例として、技術・情報科にて Arduino 等のマイクロコンピュータの使用方法を学習した後、他教科にてチュートリアルを簡略化して行うなど教科間で連携した授業を行うことも、プログラミングと他教科のつながりを意識させる上で有効であると考ええる。

6 付録

6.1 授業で使ったアンケート調査用紙

Arduino を使ったコンデンサー充電の観察（授業アンケート）

（ ）年生 （男・女）

本アンケートは平成 30 年度修士論文『Arduino の理科教育への利用』にのみ使用されます。

物理・プログラミングの学習状況

・高校で履修した科目（複数回答可）

（物理 I, II ・ 化学 I, II ・ 生物 I, II ・ 地学 I, II ）

・プログラミング学習の有無 （有・無）

・プログラミングを勉強したことがある方

学習状況（小学校・中学校・高校・大学・独学・その他（ ））

学習内容 例: C++, VB, python など （ ）

プログラミング教育に関して

・Arduino が何か知っている（知っている・知らない）

・プログラミング教育に興味がある ある（1・2・3・4・5・6）ない

・小学校でのプログラミングの必修化は必要である

そう思う（1・2・3・4・5・6）そう思わない

・中学校でのプログラミング教育は必要である

そう思う（1・2・3・4・5・6）そう思わない

・プログラミング教育は敷居が高く、難しそうだと思う

そう思う（1・2・3・4・5・6）そう思わない

本日の授業を終えて

・プログラミング教育に興味を持つことができた

そう思う（1・2・3・4・5・6）そう思わない

・プログラミング教育は必要だと思う

そう思う（1・2・3・4・5・6）そう思わない

・授業で行ったプログラミングは難しかった

そう思う（1・2・3・4・5・6）そう思わない

・Arduino は理科教育に有用であると思う

そう思う（1・2・3・4・5・6）そう思わない

・Arduino はプログラミング教育に有用であると思う

そう思う（1・2・3・4・5・6）そう思わない

・Arduino の使用は簡単だと感じた

そう思う（1・2・3・4・5・6）そう思わない

・プログラミングと理科のつながりが感じられた

そう思う（1・2・3・4・5・6）そう思わない

・プログラミング教育についてどう思いますか（必修化, 必要性, 難易度など）

・授業で Arduino を使ってみてどうでしたか（授業の感想, 教育的観点などから）

・理科教育とプログラミングのつながりについてどう思いますか

・その他感想等

ご協力ありがとうございました。 理科教育専修 M2 家田 晋輔

7 謝辞

多くの方の協力により、副論文として無事研究内容を書き上げることができました。

指導教員である高嶋先生の講義を一時間お借りして実践を行わせて頂き、物理 II の受講者の皆様には実践とアンケートに協力して頂きました。また授業実践のソフトウェア準備や実践の手伝いなど、基礎物理学研究室の後輩たちにもお世話になりました。ありがとうございました。

参考文献

- [1] TECH ACADEMY magazine 『<https://techacademy.jp/magazine/8525>』 2017.11.18
- [2] Massimo Banzi 『Arduino をはじめよう 第2版』 株式会社オライリー・ジャパン
- [3] 神崎 康弘 『Arduino で計る, 測る, 量る』 CQ 出版社
- [4] 『大人の科学マガジン vol.27』 学研教育出版