

## 電気電子教育における回路設計ソフトウェアの活用 2

森 貴彦\*

### Utilization of circuit design software in electrical and electronic education 2

Takahiko MORI\*

#### Abstract:

In the curriculum of the Department of Electrical and Electronic Engineering, the only course on programming is "Programming," which is offered in the first semester of the first year, and it plays an important role in the graduation research in the fourth year, which requires programming. However, it is a short course, only six months long. Even if you can understand the basic grammar, the theme that requires programming for graduation research often requires practical skills. Since there is a two-and-a-half-year gap between the completion of the course and the assignment to a laboratory, there is a large dissociation of knowledge, experience, and skills from the basics to applications, making it virtually impossible for students to carry out their graduation research. Therefore, the content of "Programming" in the first semester of the first year was drastically revised from the 2020 academic year. We have prepared practical tools and tasks that require truly necessary programming, mainly using microcomputers. In this paper, we introduce the contents of the class conducted in the first semester of 2021, and describe the relationship between the scores of each task and the final evaluation.

**Keywords :** electronic circuit design, programming, simulation, IoT

#### 要旨:

本学電気電子工学科のカリキュラムでは、プログラミングに関する授業は1年次前学期に開講する「プログラミング」のみである。4年次の卒業研究でプログラミングが必要なテーマに取り組む場合、この授業は重要な役割を担う。しかし、4年間を通して半年間という短い期間である。基本である文法を理解できても、卒業研究でプログラミングを必要とするテーマでは、実践的な技術が求められることが多い。履修を終えてから研究室配属まで2年半のブランクがあるため、基礎から応用までの知識や経験、技術の解離が大きく、卒業研究を遂行することは事実上、難しい状況にある。そこで、2020年度から1年次前学期「プログラミング」の内容を大幅に見直した。マイコンを主体として本当に必要なプログラミングが求められる実践的なツールと課題を準備した。本稿では、2021年度前学期に実施した授業の内容紹介や各課題の点数と最終評価の関係について述べる。

**キーワード：** 電子回路設計、プログラミング、シミュレーション、IoT

### 1. はじめに

本学電気電子工学科のカリキュラムでは、プログラミングに関する授業は1年次前学期に開講する「プログラミング」のみである。4年次の卒業研究でプログラミングが必要なテーマに取り組む場合、この授業は重要な役割を担う。しかし、4年間を通して半年間という短い期間である。2019年度まで1年次

前学期「プログラミング」では、C言語の文法[1][2]に関する基本的なプログラムソースをVisual Studioで記述して実行結果を確認する内容であった。基本である文法を理解できても、卒業研究でプログラミングを必要とするテーマでは、マイコンを使ったIoTやモーター制御など実践的な技術が求められることが多い。履修を終えてから研究室配属まで2年半のブランクがあるため、基礎から応用までの知識や経験、技術の解離が大きく、卒業研究を遂行することは事実上、難しい状況にある。半年間の授業では、その後独学で応用して発展していく力を身につけるに

\*湘南工科大学 工学部 電気電子工学科 准教授

はあまりにも時間が不足しているが、授業を増やすことは容易ではない。現状のカリキュラム下で1年次前学期「プログラミング」の内容を工夫する必要がある。

そこで、2020年度から1年次前学期「プログラミング」の内容を大幅に見直した。マイコンを主体とするIoTやモーター制御のために本当に必要なプログラミングが求められる実践的なツールと課題を準備した。本稿では、2021年度前学期に実施した授業の内容紹介や各課題の点数と最終評価の関係について述べる。

## 2. 「プログラミング」の授業内容

1年次前学期「プログラミング」では、WEBブラウザ上で動作する電子回路の設計・開発ツール[3]を用いて、電子回路の試作とそのシミュレーションおよびマイコンによる制御プログラミングについて学ぶ。

表 2.1 に示す到達目標は、IoTやモーター制御に必要な入出力装置の扱いと回路作成、マイコン制御ができることようになることである。表 2.2 に示す授業計画では、例題と課題を繰り返して進めることでプログラミングに関わる総合的な知識と経験を養うことを目的としている。まず、電子回路の基本的な入出力装置について学習する。次に、その装置をマイコンで制御する電子回路を試作し、ブロックまたはコードによるプログラミングを学習する。表 2.3 は、授業第 14 回目「課題の復習」の内容である。プログラミングに必要な C 言語の基本的な文法から実践的なエラー対処までを網羅したオリジナルの練習問題を準備している。

表 2.1 到達目標

1	設計・開発ツールを使って LED が点滅・点灯する回路を作ることができる
2	設計・開発ツールを使って LED の点滅・点灯を制御するプログラムを作ることができる
3	設計・開発ツールを使ってモーターを動かす回路を作ることができる
4	設計・開発ツールを使ってモーターを制御するプログラムを作ることができる
5	設計・開発ツールを使って温度や照度を計測する回路を作ることができる

6	設計・開発ツールを使って温度や照度を計測するプログラムを作ることができる
---	--------------------------------------

表 2.2 授業計画

1	ガイダンス
2	演習 シミュレーションソフトの使い方と Arduino プログラミングの基本
3	課題 Arduino プログラミングの基本
4	演習 ダイオード、ツェナーダイオード、LED の働き
5	課題 LED の点灯プログラミング
6	演習 トランジスタ、DC モーターの働き
7	課題 DC モーターの制御プログラミング
8	演習 トランジスタで構成した Hブリッジ回路による DC モーターの制御
9	課題 Hブリッジドライブ IC を用いた DC モーターの制御プログラミング
10	演習 温度センサーの働き
11	課題 温度の測定プログラミング
12	演習 フォトダイオード、フォトトランジスタ、照度センサーの働き
13	課題 照度の測定プログラミング
14	課題の復習
15	プログラミングの復習

表 2.3 授業第 14 回目「課題の復習」内容

練習問題 01 基本的な文法
練習問題 02 データ型
練習問題 03 入出力
練習問題 04 演算
練習問題 05 条件分岐
練習問題 06 場合分け

練習問題 07 繰り返し
練習問題 08 プロジェクト
練習問題 09 デバッグ
練習問題 10 フローチャート

### 3. 各課題の内容

#### 3.1 課題「Arduino プログラミングの基本」

課題内容は、以下の通りである。

「動画\_Arduino プログラミングの基本【ビルトイン LED 編】と動画\_Arduino プログラミングの基本【外部 LED 編】を参考に、ビルトイン LED と外部 LED がほぼ同時に点灯点滅し続けるように改善した

い。ビルトイン LED と、DIGITAL ピン 13 に接続した外部 LED が、ほぼ同時に点灯点滅するようにコードを編集せよ。」

図 3.1(a)に動画\_Arduino プログラミングの基本【ビルトイン LED 編】の 1 コマを示す。画面の左側にマイコン、中央にブロック、右側にソースコードがそれぞれ表示されていることがわかる。中央でブロックを配置すれば自動的に右側に対応するソースコードが瞬時に現われる仕様となっているため、ソースコードを知らない初心者でも簡単にプログラミングできる。

図 3.1(b)に動画\_Arduino プログラミングの基本【外部 LED 編】の 1 コマを示す。図 3.1(a)と同様の画面表示になっていることがわかる。図 3.1(a)と異なる部分は、左側にマイコンの外部に電子パーツが接続されていることである。

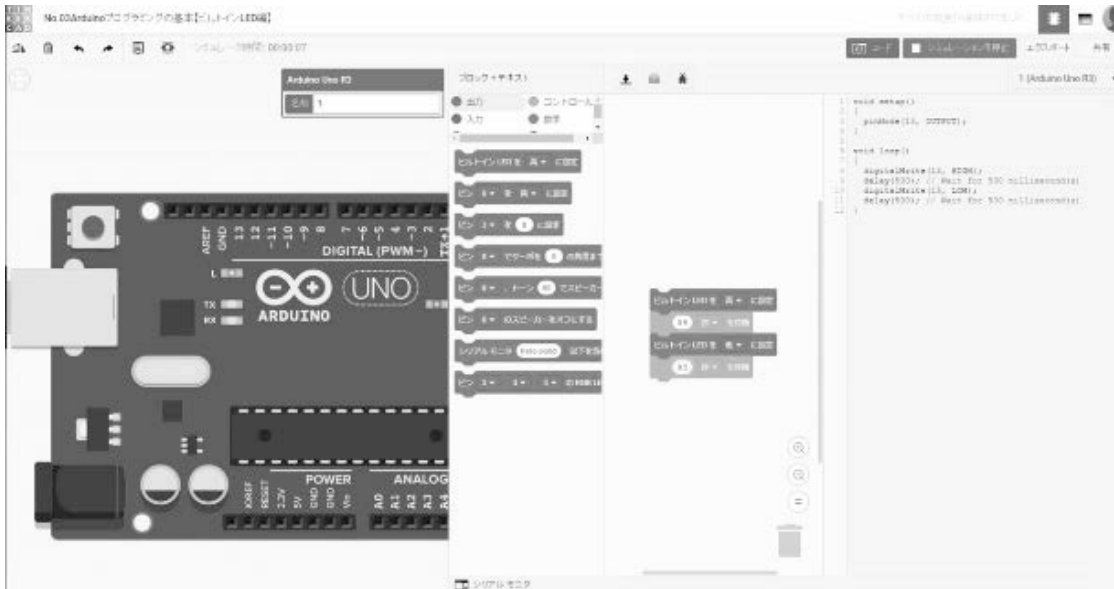


図 3.1(a) 動画\_Arduino プログラミングの基本【ビルトイン LED 編】の 1 コマ

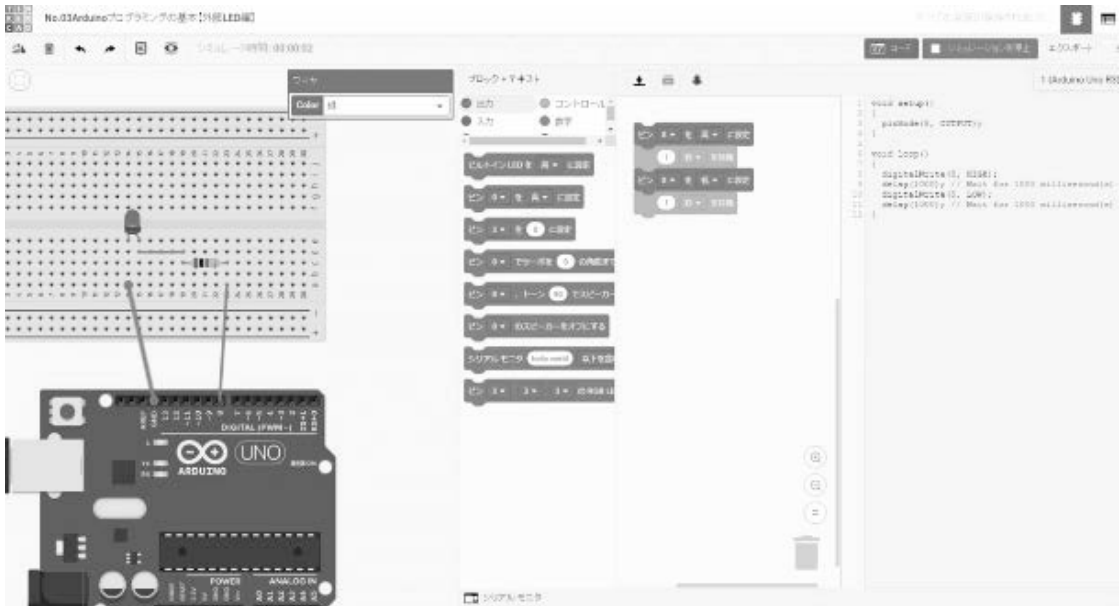


図 3.1(b) 動画\_Arduino プログラミングの基本【外部 LED 編】の 1 コマ

図 3.1(a)と図 3.1(b)の中央にあるブロックの種類や数は全く同じであるが、出力端子の値だけが異なっている。そのため、図 3.1(a)では、マイコン内蔵の LED のみが点灯点滅し、図 3.1(b)では、外部の LED のみが点灯点滅する。課題に取り組むことで、ブロックの扱いや対応するソースコードの記述方法、マイコン情報の引き出し方が学修できる。受講者 47 名の評価は表 3.1 に示す通りとなった。なお、平均点は 9.2 点である。

表 3.1 課題「Arduino プログラミングの基本」の評価結果

点数	人数
10	28
9	0
8	18
7	0
6	0

5 点以下	0
未提出	1

### 3.2 課題「LED の点灯プログラミング」

課題内容は、以下の通りである。

「動画\_LED の点灯プログラミング【ボタン点灯編】では、ボタンを一度押すと LED が点灯し続ける。これを改善したい。ボタンを押した時のみ LED が点灯し、押していない時は消灯となるようにコードを編集せよ。」

図 3.2 に動画\_LED の点灯プログラミング【ボタン点灯編】の 1 コマを示す。図 3.2 は、図 3.1(b)の回路をベースにタクトスイッチを追加したものである。タクトスイッチは、押している間のみ導通するスイッチである。この回路では、タクトスイッチを押していない時は 5V の直流電圧がマイコンの入力端子に与えられ、押している時は 0V の直流電圧が与えられる。しかし、タクトスイッチを一度押すと LED が点灯し続けるようにブロックを組んでいるため、スイッチ本来の機能と回路での動作は敢えて逆になるように作っている。



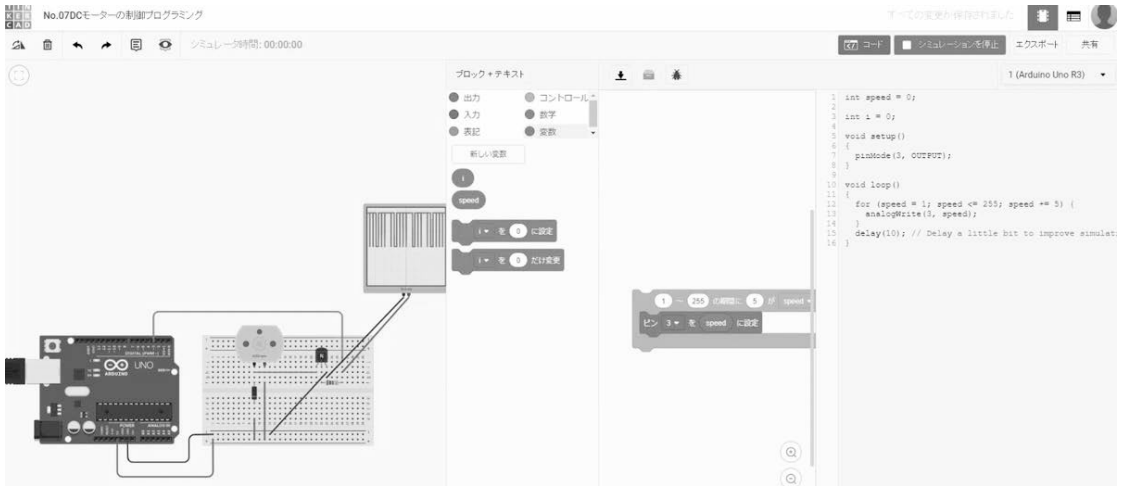


図 3.3 動画 DC モーターの制御プログラミングの 1 コマ

課題に取り組むことで、外部入力信号の扱いや外部への出力方法が学修できる。受講者 47 名の評価は表 3.3 に示す通りとなった。なお、平均点は 8.6 点である。

表 3.3 課題「DC モーターの制御プログラミング」の評価結果

点数	人数
10	13
9	4
8	23
7	5
6	0
5 点以下	0
未提出	2

### 3.4 課題「Hブリッジドライブ IC を用いた DC モーターの制御プログラミング」

課題内容は、以下の通りである。

「動画\_Hブリッジドライブ IC を用いた DC モーターの制御プログラミングでは、L293D を用いて行った。しかし、必ずしもこのドライブ IC が秋月電子通商から入手できるとは限らない。FET を使って自力でも制御できるように対策したい。L293D の代わりに nMOS トランジスタ (MOSFET) および pMOS トランジスタ (MOSFET) を必ず使用して回路を変更せよ。」

図 3.4(a) に動画\_Hブリッジドライブ IC を用いた DC モーターの制御プログラミングの 1 コマを示す。図 3.4(a) は、マイコン・モータドライブ IC・スライドスイッチ・9V 乾電池を用いて、モータの回転方向制御を行う回路である。

図 3.4(b) に動画\_トランジスタで構成した Hブリッジ回路による DC モーターの制御の 1 コマを示す。これは一つ前の授業で演習した回路で、マイコンを使用していないため、プログラミングは不要である。課題では、図 3.4(a) をベースに回路だけ図 3.4(b) の回路に置き換えて、マイコンの入出力端子の設定を新しい回路に合わせて正しく変更する。

電気電子教育における回路設計ソフトウェアの活用 2 (森)

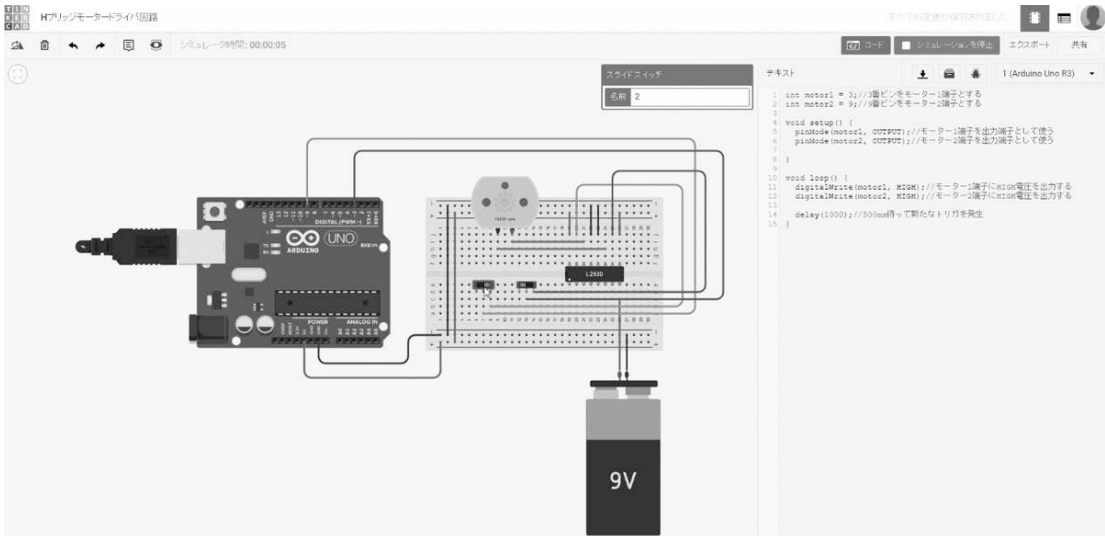


図 3.4(a) 動画\_Hブリッジドライブ IC を用いた DC モーターの制御プログラミングの 1 コマ

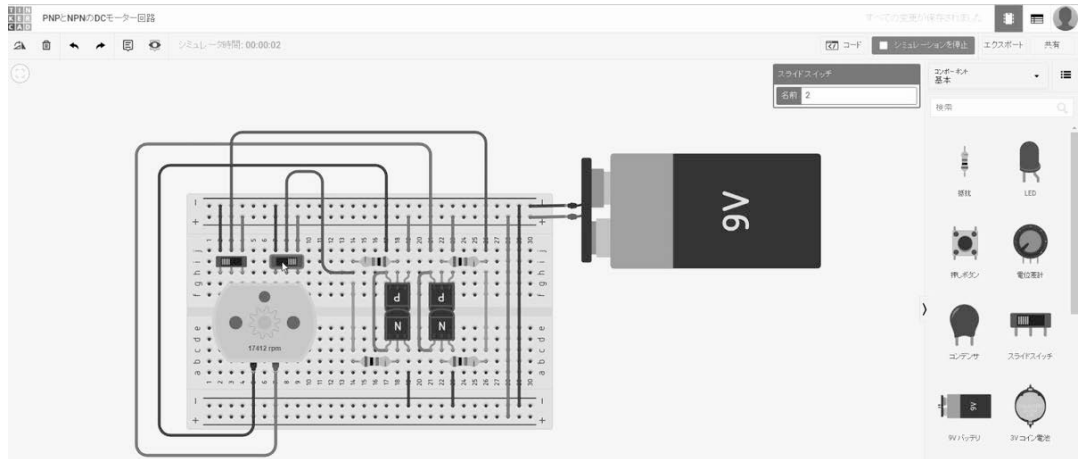


図 3.4(b) 動画\_トランジスタで構成した H ブリッジ回路による DC モーターの制御の 1 コマ

課題に取り組むことで、外部入力信号の扱いやソースコードの変更方法、外部への出力方法が学修できる。受講者 47 名の評価は表 3.4 に示す通りとなった。なお、平均点は 7.3 点である。

表 3.4 課題「Hブリッジドライブ IC を用いた DC モーターの制御プログラミング」の評価結果

点数	人数
10	2
9	10

8	11
7	4
6	4
5 点以下	5
未提出	11

### 3.5 課題「温度の測定プログラミング」

課題内容は、以下の通りである。

「動画\_温度の測定プログラミングでは、温度センサーの測定値  $A_{tmp}$  (0~1023) を、電圧値  $V_{tmp}$  (0[V]~5[V]) と温度  $T_{tmp}$  (-40°C~125°C) に変換した結果をシリアルモニタに表示した。しかし、処理したすべての情報が表示されていない。測定値  $A_{tmp}$  (0~1023) も可視化したい。以下の順序で表示されるようにコードを編集せよ。

- [1] 測定値  $A_{tmp}$  (0~1023)
- [2] 電圧値  $V_{tmp}$  (0.00~5.00)

- [3] 温度  $T_{tmp}$  (-40.00~125.00)
- 空行

」  
 図 3.5 に動画\_温度の測定プログラミングの 1 コマを示す。図 3.5 は、マイコン・温度センサ・マルチメータを用いて、測定した温度の内部表示と外部表示を行う回路である。これまでの課題では、処理結果を LED の点灯・点滅やモータの回転という物理現象を出力とした。課題では、処理結果であるマイコン内部情報を文字や数値として出力する。

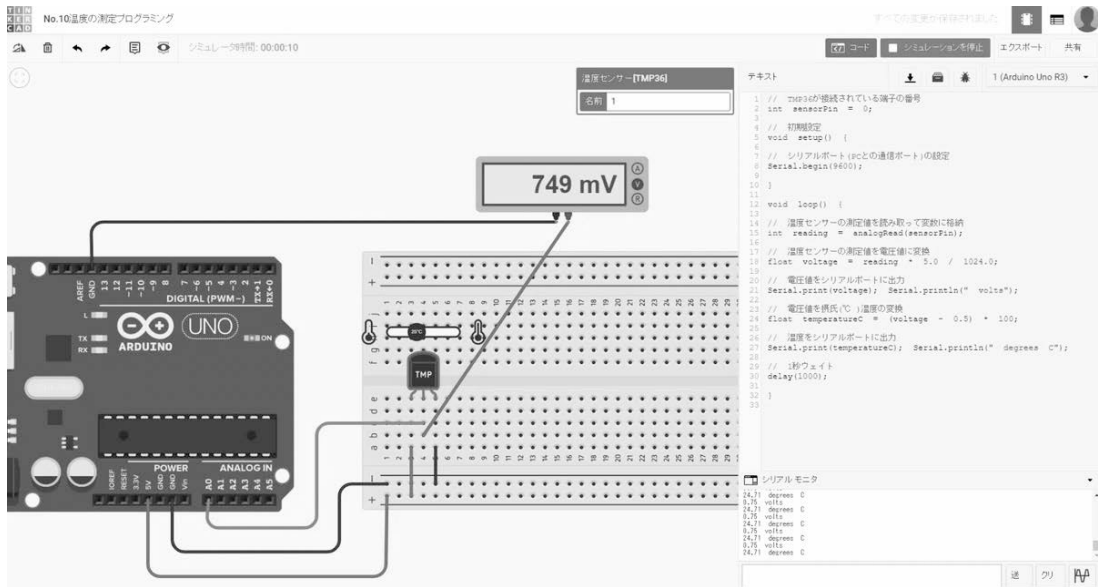


図 3.5 動画\_No.11 温度の測定プログラミングの 1 コマ

課題に取り組むことで、外部入力信号の扱いや計算方法、内部表示であるシリアルモニタ表示方法、そして外部への出力方法が学修できる。受講者 47 名の評価は表 3.5 に示す通りとなった。なお、平均点は 8.3 点である。

表 3.5 課題「温度の測定プログラミング」の評価結果

点数	人数
10	15
9	9

8	1
7	3
6	1
5 点以下	3
未提出	15

### 3.6 課題「照度の測定プログラミング」

課題内容は、以下の通りである。

「課題『温度の測定プログラミング』を流用して、フォトトランジスタの測定値  $A_{cd}$  (0~1023)、電圧



## 電気電子教育における回路設計ソフトウェアの活用 2 (森)

値 Vcd (0[V]~5[V]) をシリアルモニタに表示したい。以下の順序で表示されるようにコードを編集せよ。

- [1] 測定値 Acd (0~1023)
  - [2] 電圧値 Vcd (0.00~5.00)
- 空行

図 3.6 に課題「照度の測定プログラミング」の 1 コマを示す。図 3.6 は、マイコン・照度センサ・マルチメータを用いて、測定した温度の内部表示と外部表示を行う回路である。課題「温度の測定プログラミング」とほぼ同じレベルであるため、ソースコードを流用してコード編集を行う。

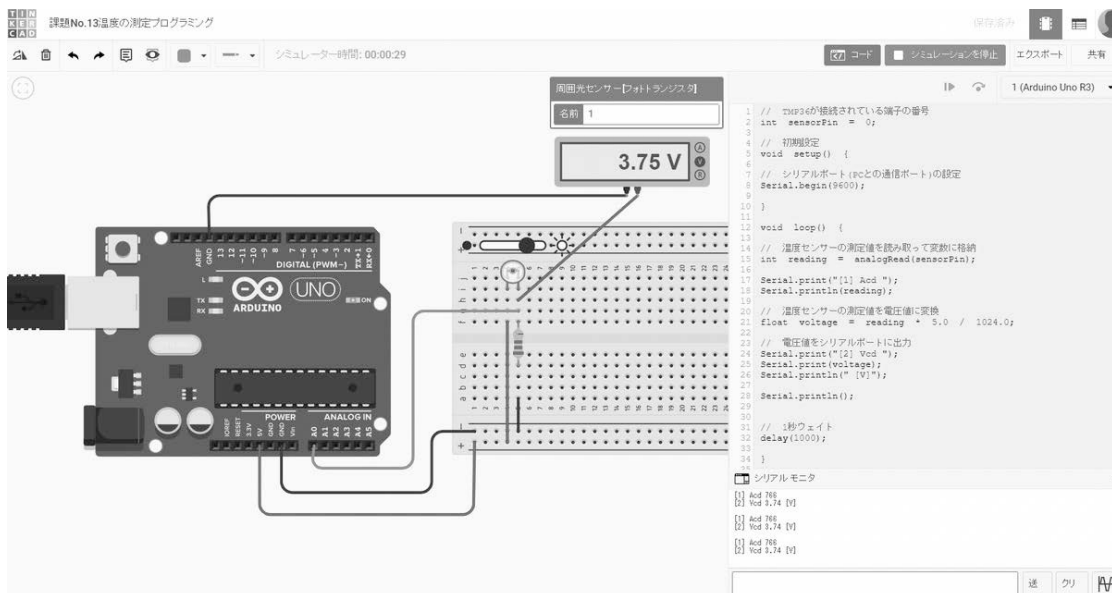


図 3.6 課題「照度の測定プログラミング」の 1 コマ

課題に取り組むことで、ソースコードの流用方法、外部入力信号の扱いや計算方法、内部表示であるシリアルモニタ表示方法、そして外部への出力方法が学修できる。受講者 47 名の評価は表 3.6 に示す通りとなった。なお、平均点は 8.3 点である。

表 3.6 課題「照度測定プログラミング」の評価結果

点数	人数
10	19
9	7
8	1
7	0
6	2

5 点以下	3
未提出	15

## 4. 考察

最終評価の割合を表 4.1(a)に示す。また、各課題の点数と最終的な合格数の関係を表 4.1(b)に、各課題の点数と最終的な合格率の関係を表 4.1(c)に示す。

まず、表 4.1(b)および表 4.1(c)の太線枠に着目すると、課題 4~6 において、各課題で得点が 8~10 点の学生は全員に合格し、不合格者が一人もいないことから、後半の課題で高得点を取れる学生は安定して実力がついていると判断できる。しかし、まだ課題 3 では得点が 8 点でも不合格となる学生がいるので、注意が必要な段階といえる。

次に、表 4.1(b)および表 4.1(c)の課題 1~2 の網掛

け部分に着目すると、各課題でほとんどの学生が8～10点の高得点をとっているが、必ずしも全員合格するとは限らないことがわかる。初期の課題は比較的優しい内容であるため高得点を取りやすいが、まだ実力がつく前であるので十分なフォローが必要であるといえる。

さらに、4.1(b)および表4.1(c)の課題4～6の網掛け部分に着目すると、各課題の得点が5点以下の学生でも合格する者がいるものの、特に課題未提出者の不合格率は50%以上である。課題1～3では課題未提出者自体は少ないが、全員不合格となっている。このことから、最初の段階から課題の未提出を防止することが大切であるといえる。

表 4.1(a) 最終評価の割合

最終評価	最終評価
S	10
A	13
B	13
C	9
D	1
X	7
Y	2
Z	0

表 4.1(b)

点数	課題1	合否数	課題2	合否数	課題3	合否数	課題4	合否数	課題5	合否数	課題6	合否数
10	28	22 6	30	26 4	13	13 0	2	2 0	15	15 0	19	19 0
9	0	- -	0	- -	4	4 0	10	10 0	9	9 0	7	7 0
8	18	15 3	13	10 3	23	18 5	11	11 0	1	1 0	1	1 0
7	0	- -	0	- -	5	2 3	4	3 1	3	2 1	0	- -
6	0	- -	2	1 1	0	- -	4	4 0	1	1 0	0	- -
5点以下	0	- -	0	- -	0	- -	5	3 2	3	2 1	2	1 1
未提出	1	0 1	2	0 2	2	0 2	11	4 7	15	7 8	18	9 9

※合否数の上段：合格者数[人]，下段：不合格者数[人]

表 4.1(c)

点数	課題1	合否率	課題2	合否率	課題3	合否率	課題4	合否率	課題5	合否率	課題6	合否率
10	28	78.6 21.4	30	86.7 13.3	13	100.0 0.0	2	100.0 0.0	15	100.0 0.0	19	100.0 0.0
9	0	- -	0	- -	4	100.0 0.0	10	100.0 0.0	9	100.0 0.0	7	100.0 0.0
8	18	83.3 16.7	13	76.9 23.1	23	78.3 21.7	11	100.0 0.0	1	100.0 0.0	1	100.0 0.0
7	0	- -	0	- -	5	40.0 60.0	4	75.0 25.0	3	66.7 33.3	0	- -
6	0	- -	2	50.0 50.0	0	- -	4	100.0 0.0	1	100.0 0.0	0	- -
5点以下	0	- -	0	- -	0	- -	5	60.0 40.0	3	66.7 33.3	2	50.0 50.0
未提出	1	0.0 100.0	2	0.0 100.0	2	0.0 100.0	11	36.4 63.6	15	46.7 53.3	18	50.0 50.0

※合否率の上段：合格率[%]，下段：不合格率[%]

## 5. まとめ

2021 年度前学期に実施した 1 年次前学期「プログラミング」の授業の内容について紹介した。マイコンを主体とする IoT やモーター制御のために本当に必要なプログラミングが求められる実践的なツールと課題を準備し、例題と課題を繰り返して進めることでプログラミングに関わる総合的な知識と経験を養えるように工夫した。各課題の点数と最終的な合否数の関係から、前半の課題で高得点を取っても約 10～20%の学生が最終的に不合格となるので、前半の段階ではまだ注意とフォローが必要であることが判明した。また、課題未提出者の不合格率は 50%以上であることから、最初の段階から課題の未提出を防止することが大切であるといえる。2022 年度からは各自が予習・復習できるように解説動画を充実させていく予定である。

## 参考文献

- [1] 柴田望洋, 「明解 C 言語」, ソフトバンククリエイティブ, ISBN4-7973-2792-8
- [2] 柴田望洋, 「解きながら学ぶ C 言語」, ソフトバンククリエイティブ, ISBN4-7973-2790-1
- [3] 蒲生睦男, 「Autodesk Circuits で学ぶ 電子工作入門」 PDF 版, シーアンドアール研究所, <https://book.mynavi.jp/manatee/c-r/books/detail/id=64923>