

「プログラムによる計測と制御」を学ぶための 学習環境の開発と教育実践 ～LilyPad Arduino シミュレータ機能付 PEN を利用して～

吉田智子^{†1} 中村亮太^{†2} 松浦敏雄^{†2}

中学校の技術・家庭科の技術分野において「プログラムによる計測・制御」が必修項目となっている。我々の研究グループでは、この学習に選択できる教材の幅を広げるために、手芸作品作りに使えるマイコンボード LilyPad Arduino にプログラムを書き込めるようプログラミング環境 PEN に機能追加し、さらにシミュレータ機能も追加した学習環境を開発した。本論文では、中学校での「プログラムによる計測・制御」を学ぶための教材開発を最終目的として、この学習環境を 2014 年度後期の文系大学での情報教育で実践したので報告する。

Development and Use of a Programming Environment for Learning the Mechanism of Measurement and Control by Programs

TOMOKO YOSHIDA^{†1} RYOTA NAKAMURA^{†2}
TOSHIO MATSUURA^{†2}

“The mechanism of measurement and control by programs” has become required in junior high school technical arts and home economics courses. To increase the choice of this education, we designed PEN with a simulator function to be able to develop programs for LilyPad Arduino wearable computers. In this paper, we report on our education practice by using this learning environment.

1. はじめに

平成 24 年度から中学校の技術・家庭科の技術分野において必修項目となった「プログラムによる計測・制御」[1]の学習教材として提供されているのはロボットを用いたものが多く[2][3]、それ以外の教材の報告はあまり見当たらない。

そこで我々の研究グループでは、この学習として選択できる教材の幅を広げるために、手芸作品作りに使えるマイコンボード LilyPad Arduino を利用した教材を考案した。LilyPad Arduino 用のプログラム開発環境には C 言語風の Arduino IDE が利用できるが、初学者に分かり易いとはいえない。そこで我々研究グループが開発している初学者向けプログラミング学習環境 PEN (Programming Environment for Novices)[4][5][6]に、LilyPad Arduino にプログラムが書き込めるように機能追加した[9][10]。さらに、シミュレータ機能を追加した学習環境を開発した[11]。

本論文では、中学校での「プログラムによる計測・制御」を学ぶための教材開発を最終目的として、この学習環境を文系大学の情報教育で実践したので報告する。

2. PEN と LilyPad Arduino を利用した学習環境

ここではまず、PEN と LilyPad Arduino を利用した学習環境を紹介する。

2.1 初学者向けプログラミング学習環境 PEN

PEN は、初学者向けのプログラミング学習環境である。使用している言語は、大学入試センターの入試科目「情報関係基礎」で用いられている手順記述言語 (DNCL) を機能拡張したものである。プログラムの入力/編集を行うための「エディタ機能」、「プログラムの実行・一時停止・一行実行などの実行制御機能」、および、「各変数の値を表示する機能」などを持っている。さらに、プログラム作成時の文法エラーを減らすために「プログラム入力支援ボタン」が設けられている (図 1)。

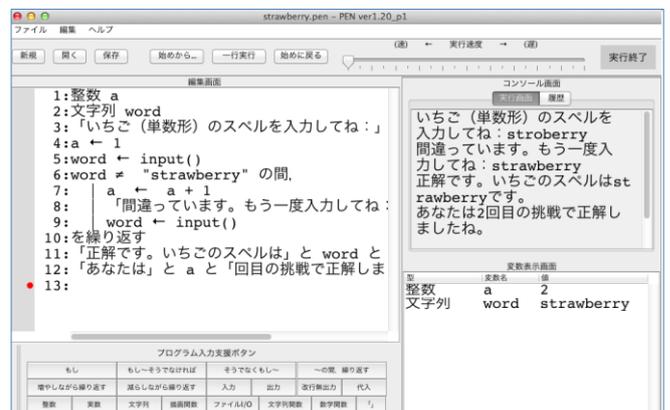


図 1 初学者向けプログラミング環境 PEN の画面

^{†1} 京都ノートルダム女子大学 人間文化学部 人間文化学科
Department of Cross-Cultural Studies, Kyoto Notre Dame University

^{†2} 大阪市立大学 大学院創造都市研究科
Graduate School for Creative Cities, Osaka City University

2.2 LilyPad Development Board

LilyPad Arduino[12] は、オープンソースのマイコンボード Arduino[13] の一種である。布地に縫い付けて利用することができ、センサーからの入力や LED やモーターなどのアクチュエータへの出力のための部品とは、導電性のある糸で縫い付けて結線できる。布地上に縫い付けたセンサーや LED などによって、点灯制御などを行う。各種センサーの値に応じて LED などの出力を変化させるしくみを取り入れた、手芸作品を作ることも可能である[14][15]。

LilyPad Development Board は、Arduino Simple ボードといくつかの入出力機器が一体となって一つの基板に収められたものである (図 2 参照)。



図 2 LilyPad Development Board Set

この基板にはアナログ入力機器として、光センサーと温度センサーが、デジタル入力機器としてはボタンスイッチとアナログスイッチが搭載されており、出力機器として LED が合計 6 つ (うち 1 つがフルカラー LED)、ブザー、バイブレータが搭載されている。これらの機器類は、基板から外して導電糸で縫って配線することもできる。

2.3 LilyPad Arduino へのプログラム書き込み

PEN には、Arduino を制御するための関数群が用意されている[7][8][9]。

- (1) pinMode(《ピン番号》, 《入出力》)
 指定したピンを入力で用いるのか、出力で用いるのかを設定する関数
- (2) digitalWrite(《ピン番号》)
 デジタル機器から値を読み取る関数
- (3) digitalWrite(《ピン番号》, 《値》)
 デジタル機器に値を書き込む関数
- (4) analogRead(《式》)
 アナログ機器から値を読み取る関数
- (5) analogWrite(《ピン番号》, 《値》)
 アナログ機器に値を書き込む関数

PEN でプログラムを記述して、「Arduino への書き込み」のメニューを選択することで、LilyPad Arduino にプログラムが書き込まれる (図 3)。PEN 内部から Arduino IDE を自動的に起動し、LilyPad Arduino 本体にプログラムを書き込んでいる。

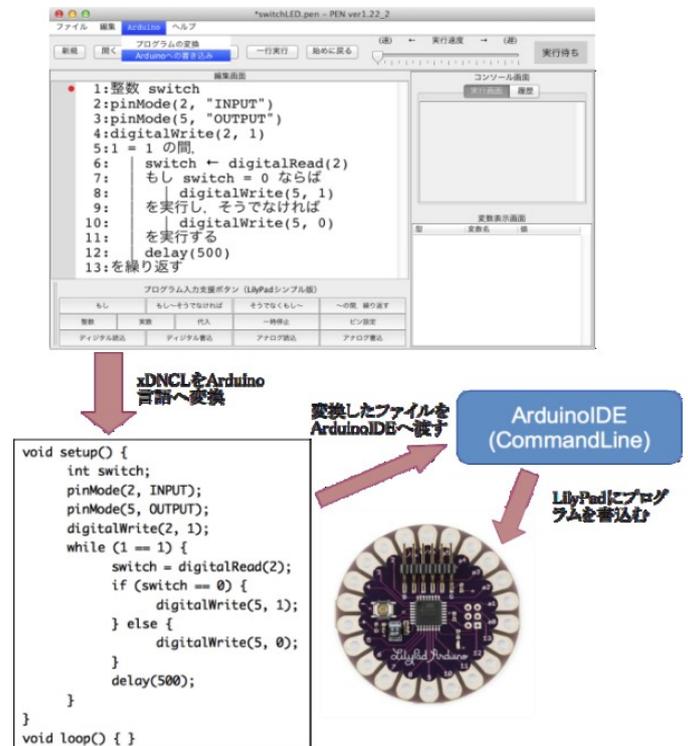


図 3 PEN プログラムを LilyPad Arduino に書き込み

2.4 LilyPad Arduino シミュレータ

PEN で書いたプログラムの LilyPad Development Board (実機) への書き込みを一斉授業で行う場合に、費用面などから、受講生の人数分の実機が用意できるとは限らない。さらに、実機を利用している場合は、センサーの値を任意に変化させながらデバッグすることができないが、シミュレータを使えばそれが可能となる。あらかじめ Arduino シミュレータ上での動作を確認したうえで LilyPad Development Board にロードして実行させることができれば、時間の限られている授業利用においても都合がよい。

そこで我々の研究グループでは、LilyPad Arduino シミュレータを開発した[11]。PEN でプログラムを作成し、実行ボタンを押すと、シミュレータ画面に LilyPad Development Board のイメージが現れ、動きをシミュレートできる (図 4)。

温度センサーと光センサーの値は、実機では環境に合わせて変化するが、シミュレータにおいてはウィンドウの下に配置しているスライダーを操作することで、手動で任意に設定できる。

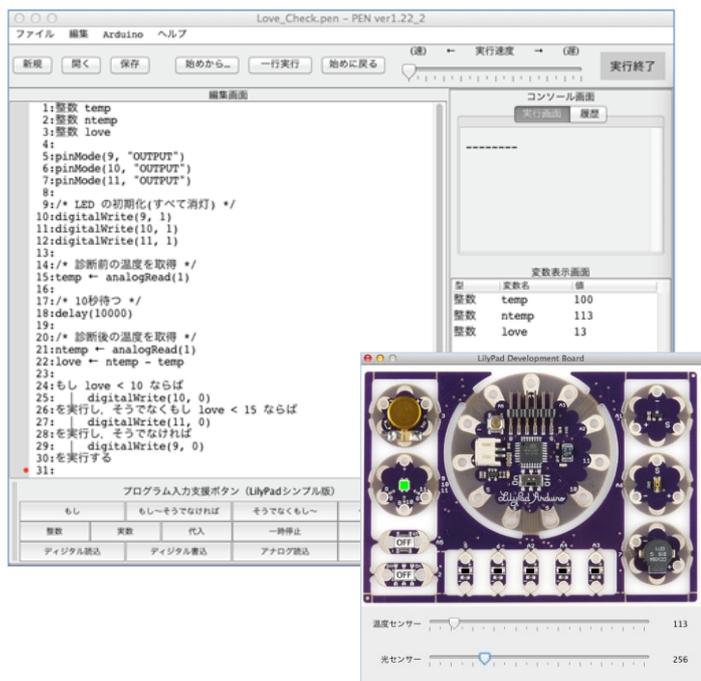


図4 PEN と LilyPad Arduino シミュレータ画面

3. LilyPad Arduino シミュレータを利用した教育実践

LilyPad Arduino シミュレータを利用した大学での教育実践の内容を紹介する。

3.1 大学での教育実践

我々が開発している教材は、最終的には中学校の技術科で利用されることを想定している。しかし、今年度は中学での協力を得るのは難しかったので、京都ノートルダム女子大学での2014年度後期の全学共通科目「情報処理(半期, 90分×15コマ)」において、著者の一人が担当する二つのクラス(AクラスとBクラス)で実施した。



写真1：実習中の写真

この科目は、全学共通科目の情報関連の選択科目の一つで、受講者は1年生と2年生が中心である。この科目の教育目的は、『ネットワークリテラシーの習得とプログラミング体験』[16][17]であるので、今回の実践は授業目的に沿ったものであると判断した。

3.2 実践授業の内容

まず、プログラミングの導入教育は、15回の授業のうち5回を使った。1回目から3回目まではPENを使った授業を行い、その後の4回目と5回目に、LilyPad Arduino シミュレータを使った授業を実施した。

＜2014年度後期のプログラミング導入授業内容＞

- 1回目：PENの概要・逐次処理
- 2回目：条件分岐
- 3回目：繰り返し処理
- 4回目：LilyPad Arduino シミュレータの利用(1)
- 5回目：LilyPad Arduino シミュレータの利用(2)

4回目と5回目の授業の準備としては、パソコン演習室で学生が利用するPCで、LilyPad Arduino シミュレータを使えるようにした。また、そのPCとは別に、LilyPad Arduino にプログラムを書き込むドライバーをインストールしたPCを学生4人につき1台ずつ用意し、PCで開発したプログラムを持ち運ぶために、学生一人ずつにUSBメモリを配布した。予算の都合で、LilyPad Development Board (実機)は、二人に1台ずつとした。

4回目と5回目の内容と時間配分を表1、表2に示す。どちらも、先行して実施したAクラスでは説明に時間がかかった結果、課題のプログラミング実習の時間がBクラスより短くなっている。



写真2：実機への書き込みPCスペース

表 1 4 回目の授業内容

内 容	A クラス	B クラス
LilyPad の配布と説明	16 分	14 分
LilyPad の各 PIN の説明 *1	6 分	0 分
PEN シミュレータのコピー	3 分	4 分
シミュレータの説明	5 分	3 分
例題プログラムの説明 *2	11 分	15 分
サンプルプログラムの実行 (実機とシミュレータ) と解説	19 分	11 分
今日の実習課題 (3 問) の説明	7 分	8 分
課題のプログラミング実習時間 (アンケート含)	23 分	35 分
合 計	90 分	90 分

*1: A クラスの授業で、例題プログラムを見る前に PIN の説明をしても理解されにくかったため、B クラスでは説明は省略した。

*2: 配布テキスト掲載の「例題プログラム」が、PEN のサンプルプログラムとして用意されていることを紹介し、そのうちの一部に関しては、プログラムを解説した (付録(1), 参照)。

表 2 5 回目の授業内容

内 容	A クラス	B クラス
前回の復習と今日の内容説明	8 分	8 分
ピアノバッグの紹介	2 分	2 分
プログラムの書き込み方法の説明	8 分	5 分
前回実習プログラム補足説明 *3	22 分	6 分
今日の実習課題 (2 問) の説明	9 分	14 分
課題のプログラミング実習、実機へのロードの時間 (終了 10 分前にヒントのプリントを配布)	36 分	50 分
アンケートの時間	5 分	5 分
合 計	90 分	90 分

*3: A クラスで、時間がかかりすぎたので、B クラスではプログラムの紹介とデモを見せるだけに留めた。

4. 授業実践に対する評価

教育実践についての評価を述べる。

4.1 実践授業の評価

2014 年度後期の受講者のプログラミング経験や興味の度合いについては、次の通りであった (表 3, 参照)。これまでに、一度でもプログラミングを体験したことがある学生が全体の 13%、興味があると答えた学生が、全体の 22%であった。

表 3 2014 年度後期の受講者のプログラミング歴など

	A クラス	B クラス	合 計
プログラミング体験歴あり	29 名中 3 名	25 名中 4 名	54 名中 7 名 (13%)
プログラミングに興味あり	29 名中 7 名	25 名中 5 名	54 名中 12 名 (22%)

4 回目と 5 回目の授業が面白かったかどうかのアンケートの結果を図 5 に示す。「とても面白かった」と「どちらかというと面白かった」を合わせると、4 回目が 82%、5 回目が 90%という高い割合になっている。

4 回目の授業については、学生の Arduino による制御についての理解が深まっていないところに、実習プログラムが難しく (付録(2), 参照)、理解度は低かった。アンケート結果を見ても、「本日の授業の理解度」は AB クラス合わせて、「よく理解できた」と「理解できた」が全体の 35%に留まっている (図 7, 参照)。しかし、上で述べたように、授業自体は 82%の学生が面白かったと答えている。

理解度が低いにもかかわらず、学生が授業が面白かったという感想を持った主な理由は、シミュレータの機能を使

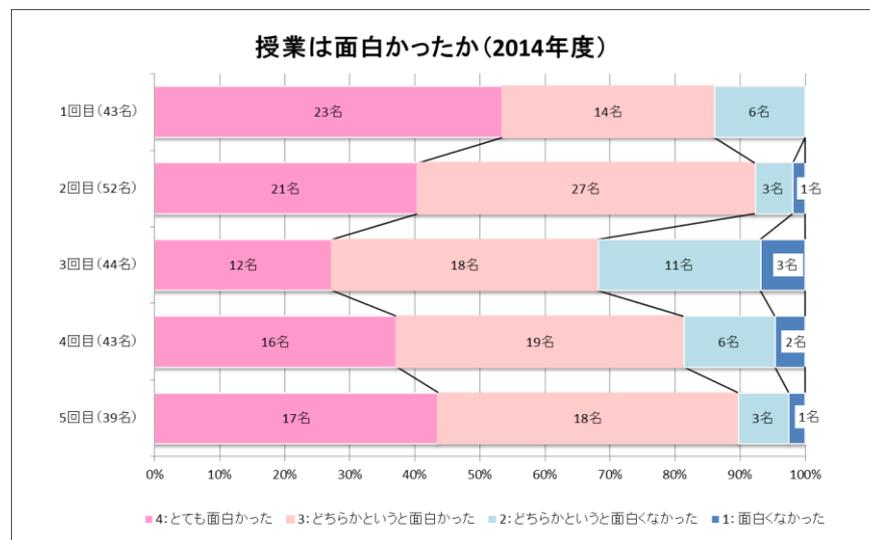


図 5 授業は面白かったか(2014 年度)

うことが、ゲーム感覚で楽しみながら学べたからではないかと考える。

具体的には、この時間に詳しく説明した「相性診断：LoveCheck.pen」のプログラム（付録(2)，参照）は、温度センサーの値をシミュレータのスライダーで変化させることで、フルカラーLEDの色を意図的に、赤・緑・青にすることができる。実機では温度は意図的に変化させることができないが、シミュレータだとそれが可能である。そこで、「一番、出にくい緑を出してみよう」という課題をゲーム感覚で楽しめながら条件分岐のプログラムを理解させたことなどが、「面白かった」という感想につながったと考える。十分に時間をとってこのゲームを楽しんだのはAクラスのみであったが、Bクラスの学生の中にも成功して喜んでいる学生はいた。

5回目の授業では、テキストで示した例題を少し変更すればよい実習問題を用意した（付録(3)，参照）。さらに、2人1組のチームを組んで取り組ませた結果、LilyPad Arduinoへのプログラムのロードまでできた学生（チーム）が大多数を占めた。

2人1組のチームに、2つの実習問題を与えて、まずはそれぞれが別の問題に挑戦し、シミュレータ上で動いた場合は動いたプログラムを相手に示して説明し合った。動かない場合は一緒にエラーを探すことで、理解が深まったという意見もあり、チームでの取り組みは、おおむね成功だったと思われる。

先に述べたように、5回目は、授業が面白かったかどうかのアンケートの結果が、「とても面白かった」と「どちらかという面白かった」を合わせると、90%であることからわかる（図5，参照）。理解度に関しても、「よく理解できた」と「だいたい理解できた」と答えた学生が、70%であった（図7，参照）。

5回目の授業においては、授業終了の10分前に実習問題の穴埋め解答サンプル（付録(5)，参照）を配布したことも、理解度を向上させることにつながっていたと思われる。プログラムが完成できずに困っていた学生にとってはもちろん、自分でプログラムを完成させた学生も活用していた。

さらに、実習時間を多くとったBクラスには、2つの実習問題（二つのLEDに点灯や消灯をさせる問題）が終わった後に、三つのLEDに対して点灯や消灯をさせたり、光らせ方を変更させたりするプログラムを考えて実行しているチームも見うけられた。

5回目の授業では、シミュレータを利用してプログラムが意図した動作を確認してから、実機にロードする実習をした。実際にロードし終わって思い通りに、LEDが点灯することがわかった瞬間に、声を出して喜んだり拍手をしたりするチームが目立った。

アンケートの自由記述の部分にも、「実際に書き込んでみて、その通りに動いてくれたのを見たときはすごく嬉しか

ったです」や「達成感と喜びが大きかった」などのコメントが多く寄せられた。「難しいけど面白かった」や「考えたプログラムがきちんと作れるとスカッとして気分がいいです」というものもあった。

自由にプログラミング実習できる時間が36分しか確保できなかったAクラスでは、最終回にも実機へのプログラムのロードまで進めなかったチームもあった。それでも、「面白かった」と「どちらかという面白かった」が両クラス合わせて90%にもなったのは、シミュレータを利用すること自体に興味を持って楽しんだ学生が多いことが伺える。

また、初学者はプログラミングの学習において繰り返し処理でつまづくケースが多いが[17]、「LEDを50回光らせたいなら数を数える必要があり、それには繰り返し処理を使う」という概念は、誰にでも理解しやすいことが実感できた。この概念が理解できれば、なぜ繰り返しごとに、わざわざ*i*などの変数を使って数を数えないといけないかについても、納得できるようであった。



写真3：2人1組でシミュレータを利用した
プログラミング実習中

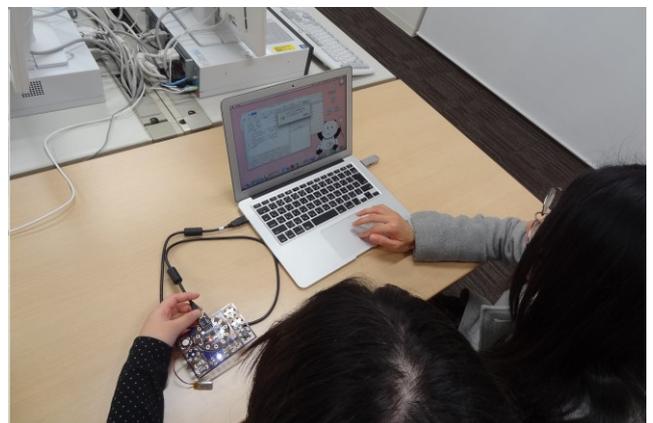


写真4：LilyPad Arduinoへのプログラム書き込み

4.2 前年度(2013年度)の授業との比較

中学校での「プログラムによる計測・制御」の教材作りを意識して行った、2014年度の大学での LilyPad Arduino シミュレータを利用したプログラミング導入授業を、それを使わなかった 2013 年度のアンケート結果と比較してみる (図 6 と図 7, 参照)。

2013 年度と 2014 年度は、1 回目から 3 回目までの内容はほぼ同じである。

＜2013 年度後期のプログラミング導入授業内容＞

- 1 回目：PEN の概要・逐次処理
- 2 回目：条件分岐
- 3 回目：繰り返し処理
- 4 回目：PEN による図形描画

2013 年度は 4 回目がプログラミング導入授業の最終回で、PEN による図形描画をおこなっている点が、2014 年度との違いである。

「本日の理解度を 5 段階で表すと？」というアンケートの結果を、図 6 と図 7 に示している。同じテキストを使って、同じ教員が担当しているにもかかわらず、2013 年度と 2014 年度の 1 回目から 3 回目のアンケート結果に差があるのは、授業のスピードの違い、パソコン演習室のリニューアルで白板が大きくなったこと、授業のサポート要員がプログラムのエラーを見つけて、的確なアドバイスができるかの違いなどであろう。

それぞれの最終回の理解度は、2013 年度は「よく理解できた」と「だいたい理解できた」を合わせて 63% に留まっていたのに対して、2014 年度は 70% となった (図 6 と図 7, 参照)。

2013 年度の最終回は、PEN による図形描画であった。一方の 2014 年度の最終回は「計測と制御を理解した上でのプログラミング」であるため、内容は確実に難しくなっている。しかし、「理解できた」と答えた学生の割合が増えていることから、LilyPad Arduino シミュレーションを使うことで、「理解できた」という実感を伴うプログラミング導入授業が可能になったと考えられる。

ただし、今回の試みは、4 回目から急に LilyPad Arduino シミュレータを利用したため、LilyPad Arduino の理解に、十分な時間がとれなかった面がある。最終回の理解度のアンケート結果に、2013 年度は「まったく理解できなかった」と答えた学生がいないのに対して、今年度は 3 名がそのように答えているのは、LilyPad Arduino による「計測と制御」を理解する十分な時間がなかったことが原因ではないかと考える。

5. おわりに

今回は、中学校での「プログラムによる計測・制御」のカリキュラムと教材開発を最終目的として、LilyPad Arduino シミュレータを利用した学習環境を 2014 年度後期の文系女子大学の情報教育に用いた実践内容を報告した。

受講者がゲーム感覚で楽しそうにシミュレータを利用する様子が観察できたことや、繰り返しの教材として LED を光らせるようなものが初学者にはわかりやすいことも実感できた。

我々は、この教材が最終的には「50 分の授業 × 5, 6 回」の中学校での技術科の「プログラムによる計測・制御」で利用されることを想定している。しかし、今回の教育実践では、90 分 × 5 回を使っての実施であった。そのため、今

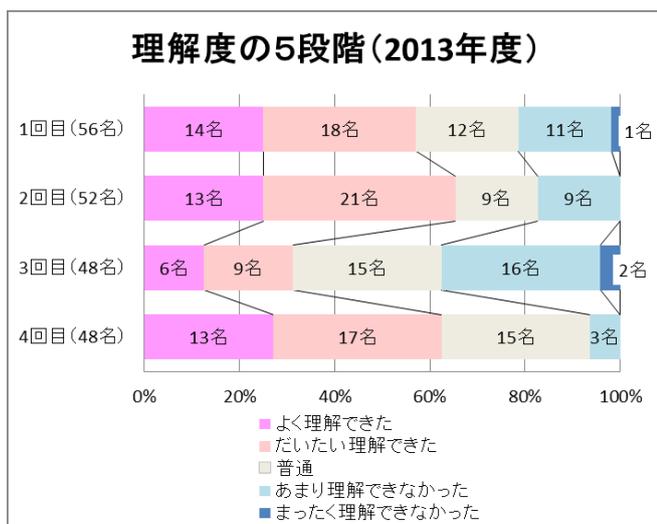


図 6 本日の理解度を 5 段階で表すと？ (2013 年度)

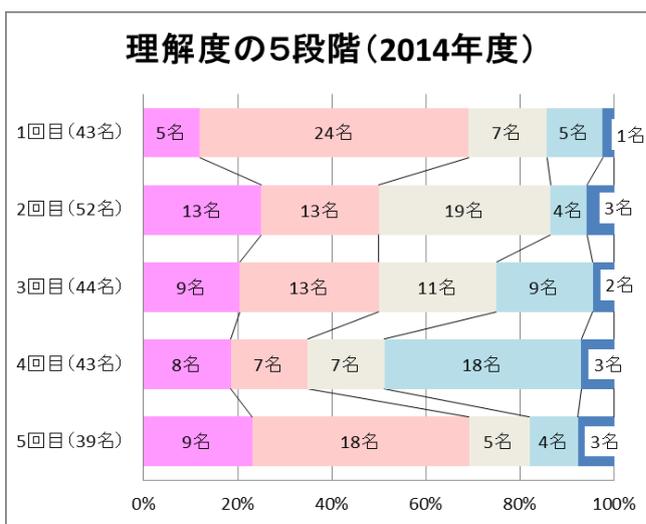


図 7 本日の理解度を 5 段階で表すと？ (2014 年度)

後の課題としては、より短い時間で効率よく教えられるように、カリキュラム内容を再考する必要がある。

今回は大学での実践ではあったものの、LilyPad Arduino シミュレータを使って、「プログラムによる計測・制御」を学ぶ授業が行えた。受講した学生の90%からの「面白かった」という感想と70%からの「理解できた」というアンケート結果を得ることができた。これにより、LilyPad Arduino シミュレータが「プログラムによる計測・制御」を教えるための学習教材として有効であることが、ある程度示せたと言えよう。

本研究は科研費（研究課題番号：25350363,「プログラムによる計測と制御」を学ぶための女子生徒向け教材の開発と普及）の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 文部科学省：“中学校学習指導要領解説”，技術・家庭，2008.
- [2] 加藤 聡 他：“LEGO ロボットの制御プログラミングを題材とした問題解決型の応用演習”，情報処理学会研究報告，2010-CE-103 No.11(2010).
- [3] 井戸坂 幸男：“制御機器の仕組みを理解するための情報教育教材に関する研究”，大阪電気通信大学大学院 博士学位論文(2013).
- [4] 中村 亮太，西田 知博，松浦 敏雄：“プログラミング入門教育用学習環境 PEN”，情報処理学会研究報告，2005-CE-81 (2005-10).
- [5] 西田 知博，原田 章，中村 亮太，宮本 友介，松浦 敏雄：“初学者用プログラミング環境 PEN の実装と評価”，情報処理学会論文誌，Vol.48, No.8, pp.2736-2747 (2007-08).
- [6] 初学者向けプログラミング学習環境 PEN：
<http://www.media.osaka-cu.ac.jp/PEN/>, (2015-01 確認).
- [7] 松浦 敏雄，中村 亮太 他：“プログラムによる計測と制御の仕組みを学ぶための学習支援ソフトウェア”，2012 PC Conference, (2012-08).
- [8] 劉，中村 亮太，松浦 敏雄：“プログラムによる計測・制御の仕組みを学ぶための学習支援ソフトウェアと教材開発”，大阪市立大学大学院 創造都市研究科 都市情報学専攻電子紀要「情報学」，9 巻，1 号，pp. 16-24 (2012).
- [9] 山口 直希，中村 亮太，松浦 敏雄，吉田 智子：“「プログラムによる計測・制御」を学ぶための学習環境の開発”，大阪市立大学大学院 創造都市研究科 都市情報学専攻電子紀要「情報学」，11 巻，1 号，pp.27-34 (2014).
- [10] 吉田 智子，中村 亮太，松浦 敏雄 他：“手芸を取り入れた「プログラムによる計測と制御」を学ぶコースウェア - LilyPad Arduino を初学者用プログラミング環境 PEN で制御 - ”，2014 PC Conference, pp.38-41 (2014-08).
- [11] 中村 亮太，吉田 智子，松浦 敏雄：“プログラムによ

る計測・制御を学ぶための LilyPad Arduino シミュレータと学習環境の開発”，情報処理学会第 77 回全国大会 (2015-3). 予定

- [12] LilyPad Arduino: <http://lilypadarduino.org/>, (2015-01 確認).
- [13] Arduino: <http://www.arduino.cc/>, (2015-01 確認).
- [14] 森重 和春：“LilyPad で光るエプロンを展示”，OSS を支えるコミュニティ訪問，日経 Linux 2014 年 10 月号，p.18(2015).
- [15] 中村 亮太，吉田 智子：LilyPad 研究会 Wiki，<http://lilypad.pen.jp/>, (2015-01 確認).
- [16] 吉田 智子：“文系学部の情報教育へのプログラミングの導入～PEN を用いた実践例～”，情報処理学会研究報告，2008-CE-95 No.12(2008).
- [17] 松本このみ，吉田 智子：“文系学部における PEN を用いたプログラミング授業の実践例～繰り返し処理の理解を助ける教材の提案～”，情報処理学会研究報告，2011-CE-109 No.7(2011).

付録(1) : 「例題プログラム」の一部

4 回目の授業で紹介した例題プログラムは次のものである。

「例題 1-1」

```
/* 白色 LED を 5 秒間点灯 */  
pinMode(5, "OUTPUT")  
  
digitalWrite(5, 1)  
delay(5000)  
digitalWrite(5, 0)
```

「例題 1-2」

```
/* フルカラーLED を様々な色に光らせる */  
  
/* フルカラーLED を出力用に設定 */  
pinMode(9, "OUTPUT")  
pinMode(11, "OUTPUT")  
pinMode(10, "OUTPUT")  
  
/* フルカラーLED 全てを消灯 */  
digitalWrite(9, 1)  
digitalWrite(10, 1)  
digitalWrite(11, 1)  
  
/* 赤色 LED を点灯させる */  
digitalWrite(9, 0)  
delay(1000)  
digitalWrite(9, 1)  
  
/* 緑色 LED を点灯させる */  
digitalWrite(11, 0)  
delay(1000)  
digitalWrite(11, 1)  
  
/* 青色 LED を点灯させる */  
digitalWrite(10, 0)  
delay(1000)  
digitalWrite(10, 1)
```

「例題 3-2」

```
/* スライドスイッチと白色 LED の連動 */  
  
pinMode(5, "OUTPUT")  
pinMode(2, "INPUT")  
digitalWrite(2, 1)  
  
1 = 1 の間,  
| もし digitalWrite(2) = 0 ならば  
| | digitalWrite(5, 1)  
| を実行し, そうでなければ  
| | digitalWrite(5, 0)  
| を実行する  
を繰り返す
```

「例題 LED-Flash. pen」

```
/* 5つの白色 LED がイルミネーションのように点滅する */  
/* 点滅する間隔は光センサーの値から決まる */  
  
整数 a[5], i  
  
a[0] ← 5, a[1] ← 6, a[2] ← 16, a[3] ← 18, a[4]  
← 17  
  
i を 0 から 4 まで 1 ずつ増やしなが  
| pinMode(a[i], "OUTPUT")  
を繰り返す  
  
1=1 の間,  
| i を 0 から 4 まで 1 ずつ増やしなが  
| | digitalWrite(a[i], 1)  
| | delay(analogRead(6)*3+1)  
| | digitalWrite(a[i], 0)  
| を繰り返す  
を繰り返す
```

付録(2) : 2014 年度 4 回目のプログラム実習の問題

サンプルプログラムの LoveCheck.pen に機能追加しましょう。

(1)相性診断の LED (青・緑・赤) の結果表示を、点灯ではなく、20 回点滅させる。

(2)相性診断の 5 秒後に、スライドスイッチを押すと 5 番ピンの LED が点灯する。

(3)相性診断の 5 秒後に、明るさセンサーの値が 200 以上なら LED を緑色に点灯。

LoveCheck. pen

```
整数 temp
整数 ntemp
整数 love

pinMode(9, "OUTPUT")
pinMode(10, "OUTPUT")
pinMode(11, "OUTPUT")

/* LED の初期化(すべて消灯) */
digitalWrite(9, 1)
digitalWrite(10, 1)
digitalWrite(11, 1)

/* 診断前の温度を取得 */
temp ← analogRead(1)

/* 10 秒待つ */
delay(10000)

/* 診断後の温度を取得 */
ntemp ← analogRead(1)
love ← ntemp - temp

もし love < 10 ならば
  | digitalWrite(10, 0)
を実行し, そうでなくもし love < 15 ならば
  | digitalWrite(11, 0)
を実行し, そうでなければ
  | digitalWrite(9, 0)
を実行する
```

付録(3) : 2014 年度 5 回目のプログラム実習の問題

(1) 5 番ピンの白色 LED と 6 番ピンの白色 LED が、1 秒ずつ互い違いに点灯・消灯を 50 回繰り返すプログラムを書きなさい。(プログラミング入門テキストの 21 ページの「例題 3-1」を参考に)

(2)スライドスイッチが ON なら 5 番ピンの白色 LED を点灯させ、押しボタンスイッチが ON なら 6 番ピンの白色 LED を点灯させるプログラムを書きなさい。(プログラミング入門テキストの 21 ページの「例題 3-2」を参考に)

テキストの「例題 3-1」

```
整数 i
pinMode(5, "OUTPUT")
i ← 0
i < 50 の間,          /* 繰り返し文 */
  | digitalWrite(5, 1) /* LED の点灯 */
  | delay(1000)        /* 1 秒待つ */
  | digitalWrite(5, 0) /* LED の消灯 */
  | delay(1000)        /* 1 秒待つ */
  | i ← i + 1
を繰り返す
```

練習問題(1) の解答サンプル

```
整数 i
pinMode(5, "OUTPUT")
pinMode(6, "OUTPUT")
i ← 0
i < 50 の間,
  | digitalWrite(5, 1)
  | digitalWrite(6, 0)
  | delay(1000)
  | digitalWrite(5, 0)
  | digitalWrite(6, 1)
  | delay(1000)
  | i ← i + 1
を繰り返す
```

付録(4) : 4 回目の授業で実行した LoveCheck.pen (相性診断)

The screenshot shows the Arduino IDE interface for the 'LoveCheck.pen' program. The code in the editor includes initialization for three digital pins (9, 10, 11) and an analog pin (A0). It reads the temperature sensor value, delays for 10 seconds, reads the light sensor value, and then compares the two values to control LEDs on pins 10 and 11. A table below the code lists supported input types for the LilyPad board.

プログラム入力支援ボタン (LilyPad シンプル版)				
もし	もし~そうでなければ	そうでなくもし~	~の間、繰り返す	
整数	実数	代入	一時停止	ピン設定
デジタル読み	デジタル書き	アナログ読み	アナログ書き	

The hardware interface shows the LilyPad Development Board with a temperature sensor reading of 113 and a light sensor reading of 256.

付録(5) : 5 回目の授業終了 10 分前に配布した穴埋めプリント (2 問中 2 問目)

The screenshot shows the Arduino IDE interface for the program '*2つのスイッチでLED点灯.pen'. The code configures two digital pins (5 and 6) as outputs and two other pins (2 and 19) as inputs. It implements a loop that checks the state of two slide switches and controls two LEDs accordingly. The hardware interface shows the LilyPad Development Board with both temperature and light sensor readings at 100.