

# 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 -

吉田智子\*1・山口直希\*2・中村亮太\*2・中西通雄\*3・松浦敏雄\*2

Email: tyoshida@notredame.ac.jp

\*1: 京都ノートルダム女子大学 人間文化学部

\*2: 大阪市立大学 大学院 創造都市研究科

\*3: 大阪工業大学 情報科学部

◎Key Words プログラムによる計測と制御, LilyPad Arduino, 初学者用プログラミング環境 PEN

## 1. はじめに

コンピュータの仕組みを理解することの重要性が認識されるようになり、平成 24 年度からは中学校の技術・家庭科の技術分野において「プログラムによる計測・制御のしくみ」が必修項目となっている。そのため教材として、例えば LEGO ロボットを使った、中学生用の教育実践も存在する<sup>(1)</sup>。しかし、LEGO での創作に夢中になり、計測と制御のしくみの学習から外れてしまうという指摘もある<sup>(2)</sup>。

これらの問題の解決を目指した「プログラムによる計測と制御」を学ぶ環境として、既存のマイコン (Arduino) および LED・明るさセンサーなどを組み合わせたボードと、プログラミング環境 PEN (Programming Environment for Novices) を利用した教材も開発されている<sup>(3)(4)</sup>。この教材を利用した、50 分×5～6 回の中学技術科の授業用コースウェアも提供されている<sup>(5)</sup>。

この研究の成果の流れをくむ本研究では、「プログラムによる計測と制御」を学ぶための題材として、LilyPad Arduino<sup>(6)</sup> という手芸作品作りにも使えるタイプのマイコンボード (図 1) を利用することで、計測と制御に興味を持たない生徒にとっても、興味を引く教育が提供できるようにした。

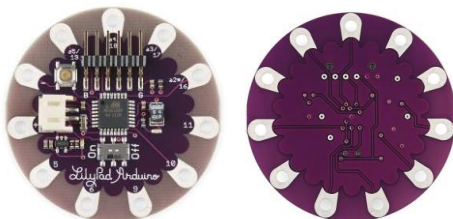


図 1 : LilyPad Arduino Simple Board (表と裏)

そして、そのためのプログラミング環境として、PEN を拡張して、LilyPad Arduino のプログラムを開発できるようにした環境<sup>(7)</sup>を利用している。

本稿では、前半でこの環境を紹介し、後半でこのプログラミング環境を利用した「プログラムによる計測と制御」を学ぶための教育コースウェアの一部を、京都ノートルダム女子大学の授業の中で実践した試みを紹介する。

## 2. PEN と LilyPad Arduino の環境の紹介

まず、この研究で利用する PEN と LilyPad Arduino のそれぞれの標準の利用環境を紹介する。

### 2.1 PEN

PEN は、初学者向けのプログラミング学習環境である<sup>(3)(4)</sup>。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。

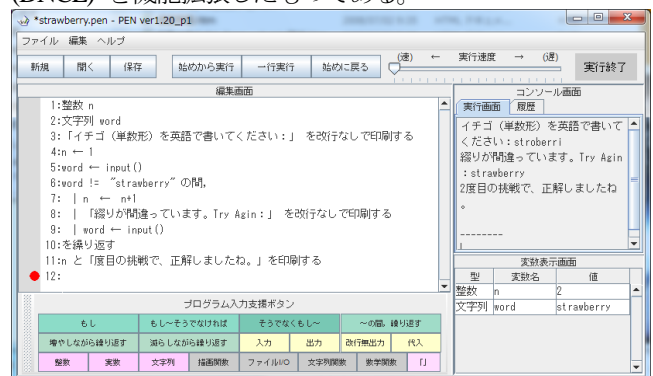


図 2 : 初学者向けプログラミング環境 PEN の画面

PEN はプログラムの入力/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 2)。

## 2.2 LilyPad Arduino

LilyPad Arduino は、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の接続には、導電性のある糸で縫い付けて結線できる。そして、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。明るさセンサーや温度センサーを用いることで、明るさや温度に応じてLED の明るさや色を変化させることを応用して、作品を作ることもできる。たとえば、ぬいぐるみの背中をなでると鳴くような、手芸作品を作ることも可能である<sup>8)</sup>。

## 2.3 標準の LilyPad Arduino でのプログラム作成

Arduino の標準の開発環境 (Arduino IDE) は、プログラミング経験者を対象としており、C 言語に近いものになっている。この Arduino IDE では、プログラムのコンパイルと各種の Arduino へのプログラムのロードが行える。しかし、開発者向けのプログラミング環境であるため、プログラミングに慣れていない学習者には、易しくはない。

Arduino 用のタイルプログラミング言語もいくつか開発されており、文法エラーを防いだり、分岐や繰り返し構造を視覚的にとらえたりすることに成功している<sup>9)(10)</sup>。LilyPad Arduino 用 PEN 環境はタイルプログラミング言語ではないが、これら初学者向けのプログラミング環境の一つである。

## 3. LilyPad Arduino を利用する授業の提案

次に、LilyPad Arduino 用の PEN のプログラミング環境と LilyPad Arduino を利用する授業の一例を紹介する。具体例として、明るさセンサーを入力に、LED を出力にし、「明るさセンサーの値が 200 以上の明るい場合は LED を青く点灯させ、暗い場合は赤く点灯させる回路」を、手芸作品に組み込む手順を説明する。

### 3.1 LilyPad Arduino で回路を作成

まず、プログラムによる計測と制御を学ぶ前段階として、ジャンパー線を使って回路を作成する。何種類か存在する LilyPad Arduino のうちから、アナログポート 4 つ (a2, a3, a4, a5) と、デジタルポート 5 つ (5, 6, 9, 10, 11) だけを持つ、LilyPad Arduino Simple を利用して作った回路を写真で示す (図 3)。

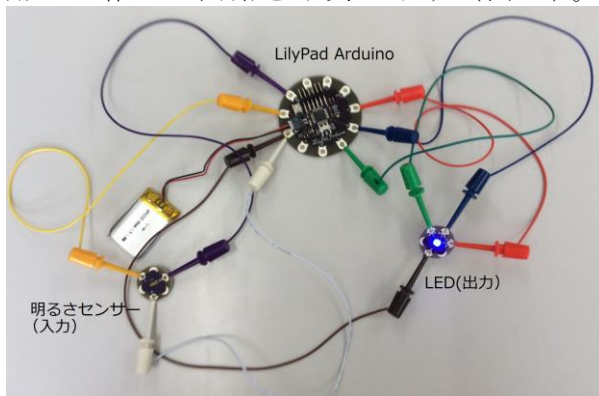


図 3 : 明るさで LED の色を変える回路を作成

### 3.2 LilyPad Arduino 用に拡張された PEN 環境

LilyPad Arduino 用に拡張された PEN のプログラミング環境では、「明るさセンサーの値が 200 以上の場合に LED を青く光らせるプログラム」は、次のように書かれる (図 4)。

PEN のメニューの中には、「Arduino」というメニューが追加されており、「Arduino への書き込み」を選ぶことで、PEN のプログラムが Arduino 用に自動変換され、LilyPad に自動的にロードされる (図 5)。

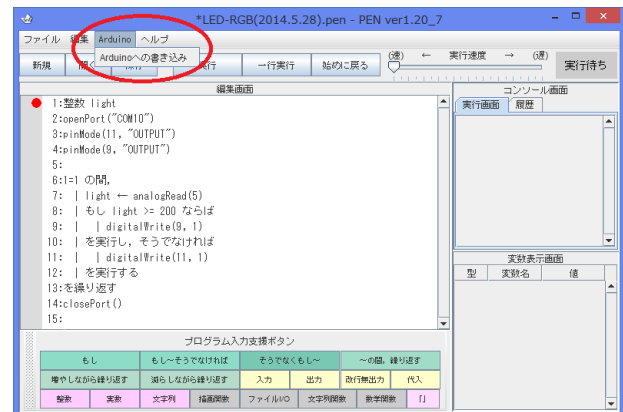


図 4 : 明るい場合は LED が青く光る PEN プログラム



図 5 : Arduino 用に自動変換されたプログラム

このプログラムを図 3 の LilyPad Arduino の回路に USB ケーブルでロードする。そして、布に縫いつける前に、LilyPad Arduino とセンサーや LED の動作を確認する。その後、部品を導電糸で布に縫い付けていく。

一例として、鞆にセンサー、LED、LilyPad Arduino を縫い付けた手芸作品を写真で示す (図 6、図 7)。



図 6 : 図 3 の回路の入力・出力を縫い付けた側 (右側が入力のセンサーで、左側が出力の LED。入力と出力の間の糸は黒の刺繍糸で、電気は通さない)



図7：LilyPad Arduino を縫い付けた側  
(表側の入力と出力に導電線が繋がっている)

#### 4. 授業での実践例

最後に、このプログラミング環境を利用した「プログラムによる計測と制御のしくみ」を学ぶための教育コースウェアの一部を、京都ノートルダム女子大学の授業の中で実践した例を紹介する。この教材は最終的には、中学校での技術・家庭科の技術分野で使いたいと考えているが、LilyPad Arduino を使った手芸作品を作ることが、「プログラムによる計測と制御のしくみ」を学ぶために有益であるかを検証するために、まずは大学での授業の中で使ってみたわけである。

##### 4.1 実施した授業の概要

今回、この教材で実習を行った授業の概要は、次の通りである。

授業名：「家庭科教育法Ⅲ」（中学校高等学校の「家庭科」教諭免許取得のための科目）  
 コマ数：週1コマ(90分)×4週  
 実施時期：2014年5月中旬～6月上旬  
 人数：生活福祉文化学科に所属する3年生のうち、「家庭科」教諭免許取得希望者9名が履修

この科目では、特別講師の講義を取り入れる予定があるとシラバスに書かれており、授業のテキストとして指定している「中学校学習指導要領解説 技術・家庭編（文部科学省）」<sup>(4)</sup>には、技術分野の指導要領も含まれている。そのような背景により、この科目の担当教員が、「プログラムによる計測と制御についての学習」を、授業内容に含めることがふさわしいと判断した。

4コマの主な内容は次の通りとし、プログラムの構成要素（順次、分岐、反復）についての記述に関する講義は最小限として、「プログラムによる計測と制御」のしくみの理解と、手芸作品作りに重点を置いた。

まず1コマ目では、LilyPad Arduino、LEDやセンサーが縫いこまれた手芸作品を紹介しながら、「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」を紹介した。その後で、「導電線を使って布の上に回路を作り、LEDを光らせる実習」を行った。

次の2コマ目の授業では、各学生にLilyPad Arduino、LED、明るさセンサーを配布し、本稿の図3で紹介した回路を作り、本稿の図4に示したプログラムをLilyPad Arduinoに読み込ませる操作を行った<sup>(12)</sup>。

そして、「同じハードウェアでも、違うソフトウェアを読み込ませることで、違う動作をさせることができ

る。これは、PCやスマホ上に、新しいアプリを追加するのと同様である」ということを、図3に示した回路のLilyPad Arduinoへのプログラムのロードのデモを見せながら紹介した。

続く3コマ目の授業で、手芸作品を作る準備をはじめると同時に、これまでの授業で学んだことを復習するために、この授業のテキストにもなっている「中学校学習指導要領解説 技術・家庭編」の技術分野の「プログラムによる計測と制御」の記述を解説する時間とした。

そして、4コマ目の授業で、それぞれの学生が手芸作品を仕上げ（図8、図9）、工夫した点やこの授業の感想を発表し合った。



図8：LilyPad Arduino を組み込んだ鞆



図9：図8の作品の裏側  
(ねずみ色の線はすべて導電線)

##### 4.2 実施した授業の感想

この授業を受けた学生の全体的な感想として、1コマ目の終了時は、「コンピュータと裁縫という分野の違いに、何を教えられているかがわかりにくかった」というものであった。しかし、2コマ目以降の実習において全体像が次第に理解できた結果、4コマすべての終了時には、達成感を感じた様子であった。

2コマ目の終了後に、8名に授業の感想を聞いた結果は、次の通りであった。聞いた主な内容は、「(1) プログラムによる計測と制御のしくみを学ぶのに、手芸を利用することは有益だと思うか (2) マイコンを利用した計測と制御に、プログラムが必要であることが実感できたか (3) 楽しかったか (4) 改善提案」であった。

- |                     |    |
|---------------------|----|
| (1) 有益だと思った         | 6名 |
| わからない               | 2名 |
| (2) プログラムの必要性が実感できた | 6名 |
| その他・できなかった          | 2名 |
| (3) 実習は楽しかった        | 4名 |
| 難しかった・つらかった         | 3名 |
| その他                 | 1名 |



(2)に関しての「その他」の意見として、「プログラムの必要性が実感できたかどうかはよくわからないが、プログラムで光り方が変わったので、単純にすごいと思った」という意見があった。理解できている実感がなくても、ソフトウェアでハードウェアの動作が変わることに感動できたことがわかる。

(3)に関して、最初の2回の実習が楽しめなかった学生からの意見として、「作業が他の人よりも遅れている時に焦っていやになった」、「質問して戻ってくる答えにも、コンピュータの専門用語が含まれていたので、あきらめた」というものもあった。

その一方で、楽しめた学生からは、「裁縫を楽しみながら、コンピュータのしくみも知れてよかった」という意見や、「小学生の時に作ったロボットのように、キットとして最初から全部を渡してしまって(説明書も)自由にやらせてみると、挑戦してみようという意欲がわくのではないか」という提案もあった。

この授業を担当した筆者は、7~9名の大学生への指導であっても、指示した作業の速度や内容理解の差は大きいと感じた。数十人の中学生への教育では、その差はさらに大きいことが予想される。そのため、学生からの提案にあった「キットにした部品を最初にまとめて渡して、詳しい手順書通りに作業できるようにしてはどうか」という提案を実現させる必要性は高いと感じた。

さらに、「プログラムによる計測と制御」を学びたいと思っているわけではない学生への指導であったことから学ぶこともあった。それは、今回の実践授業のようなケースでは、コンピュータ関係の専門用語を多用して説明すべきでないことであった。

ただし、4コマ目の手芸作品作りを終えた後には、「達成感があった」や「今の中学の技術の内容が知れてよかった」という好意的な感想がほとんどであった。

## 5. 今後の課題

このコースウェアの教育面でのこれからの課題は、部品をキット化することと、そのキットと共に配布する詳しい手順書の作成が必要とされていることであろう。キットと手順書を提供することで、自習に近い形で回路が組めて、プログラミングが学べて、最終的にそれを手芸作品に組み込めることが好ましい。

さらに、一斉授業として回路作成、プログラミングなどさせる場合、教員以外にアシスタント役の存在も必要となる。そのアシスタント用にも、実習において注意すべき点や間違いやすい点などがリストアップされた、詳細なマニュアルが必要であろう。

また、指導者の説明の際には、コンピュータの専門用語は最小限にする工夫も大切な点である。

## 6. おわりに

先に挙げたいいくつかの課題は残るものの、LilyPad Arduino用のPENを使っての、手芸を取り入れた「プログラムによる計測と制御」を学ぶ授業が実施できた。また、手芸とプログラミングという異なる分野を組み合わせることによる教育のメリットも実感できた。そのメリットとは、生徒や学生にとって身近な手芸を取

り入れることで、プログラムによる計測と制御の概念が伝わりやすいという点である。これにより、LilyPad Arduinoの「プログラムによる計測と制御」を教えるための学習教材としての有効性が、ある程度示せたと言えよう。

今後、この教材を「情報系の授業」で使う場合は、今回の後半の手芸の実習は授業には含まず、ジャンパー線でつないだ回路(本稿の図3)に対して、PENでプログラムを書かせる実習をする予定である。このような授業を実施する場合にも、それを手芸作品に組み込んだ作品自体を見せることで、生徒や学生の興味を引くことが可能となる。

プログラミングの必要性がわからないために、実習に身が入らない学生や生徒にとっては、このように違う分野を組み合わせることが、学ぶ意味を知るきっかけになると考えている。

## 参考文献

- (1) 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).
- (2) 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).
- (3) 松浦 敏雄 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カンファレンス, CD-ROM (2012-08).
- (4) 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, 9巻, 1号, pp. 16-24 (2012).
- (5) Chan Myae thu, 劉, 中村 亮太, 松浦 敏雄: “計測・制御の仕組みを学ぶための Arduino シミュレータとプログラミング学習環境”, 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, 10巻, 1号, pp. 1-10 (2013).
- (6) Leah Buechley, Mike Eisenberg, Jaime Catchen, and Ali Crockett: “The lilypad arduino: using computational textiles to investigate engagement, aesthetics, and diversity in computer science education”, CHI '08 Proceedings of the SIG CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.423-432 (2008).
- (7) 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).
- (8) 越野 亮 他: “縫い付けられる Arduino で癒し系ロボットを作ろう”, 日経 Linux 2014年3月号, pp.70-75(2014).
- (9) 栗田 大智, 中西 通雄: “プログラムによる計測・制御向けブラレールを用いた学習教材”, 教育システム情報学会 2013年度学生研究発表会, (2014).
- (10) 主原 佑記, 赤井 昭仁, 中村 亮太, 松浦 敏雄: “OpenBlocksを用いたプログラミング学習用ソフトウェアの開発”, 情報処理学会研究報告, 2014-CE-124(9),1-7 (2014).
- (11) 文部科学省: “中学校学習指導要領解説 技術・家庭編”, 教育図書(株), (2008).
- (12) 吉田智子: LilyPad Arduino 実習 (酉線編) <http://www.notredame.ac.jp/~tyoshida/lilypad/> (2014).