

# LilyPad Arduino シミュレータ機能付 PEN を利用した教育実践の報告

中村 亮太<sup>1,a)</sup> 吉田 智子<sup>1</sup> 松浦 敏雄<sup>2</sup>

**概要:** 京都ノートルダム女子大学では 2007 年度より共通教育科目「情報処理」で初学者向けプログラミング学習環境 PEN を利用したプログラミングの授業を行っている。昨年度は PEN を使ったプログラミング学習を 3 コマ、そのあとに LilyPad Arduino とそのシミュレータ機能付き PEN を利用した学習を 2 コマ行い、LilyPad Arduino を扱った学習教材が有効であることが確認できた。今年度、5 コマ全てを LilyPad Arduino を扱った授業を行ったのでその教育実践と授業アンケートの結果を報告する。

## Programming Education Practice using PEN with LilyPad Arduino Simulator

RYOTA NAKAMURA<sup>1,a)</sup> TOMOKO YOSHIDA<sup>1</sup> TOSHIO MATSUURA<sup>2</sup>

**Abstract:** "PEN: Programming Environment for Novices" has been used since 2007 in "Information Processing," a programming education course for liberal arts students at Kyoto Notre Dame University. In 2014 we introduced two lessons of "PEN with LilyPad Arduino Simulator" after three lessons of "Regular PEN" and found that to be effective. In this paper, we report on our education practice of conducting five lessons of "PEN with LilyPad Arduino Simulator" in the 2015 academic year.

### 1. はじめに

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」が必修項目 [1] となり、平成 27 年度に閣議決定された日本再興戦略 [2] においても、初等中等教育からのプログラミング教育を推進していくことが盛り込まれている。また、次期学習指導要領でもプログラミング教育について検討されており [3]、その注目度が高まってきている。初学者向けのプログラミング教育を行うための環境として、VISCUIT[4]、Scratch[5]、論プロエディタ [6]、ドリトル [7] など、様々な提案があり教育現場での実践も行われている。

我々の研究グループでも、初学者向けプログラミング学

習環境として PEN[8][9] を開発し、高等学校や大学の授業で利用している [10][11][12][13][14]。また、前述の「プログラムによる計測・制御」の授業にも利用できるよう、PEN に機能拡張を行いマイコンボード Arduino[15] やその互換ボードである LilyPad Arduino[16] を扱えるようにしている [17][18][19]。

本論文では、PEN と LilyPad Arduino を用いたプログラミング学習を文系大学である京都ノートルダム女子大学の情報教育の授業で実践したので報告する。

### 2. PEN の概要

授業で利用したプログラミング学習環境 PEN の概要を紹介する。図 1 は PEN でプログラムを実行したときの画面である。PEN は初学者向けのプログラミング学習環境であり、その上で実行するプログラム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 xDNCL を採用している。また、プログラムの入力支援を行う「プログラム入力

<sup>1</sup> 京都ノートルダム女子大学 人間文化学部  
Department of Cross-Cultural Studies, Kyoto Notre Dame University

<sup>2</sup> 大阪市立大学 大学院創造都市研究科  
Graduate School for Creative Cities, Osaka City University

a) rn\_maggi@zeus.eonet.ne.jp

支援ボタン」, プログラムの実行やステップ実行およびスロー実行などの「実行制御機能」, プログラムの実行を観察できるように「実行箇所マーカー」と「変数表示画面」を備えている。

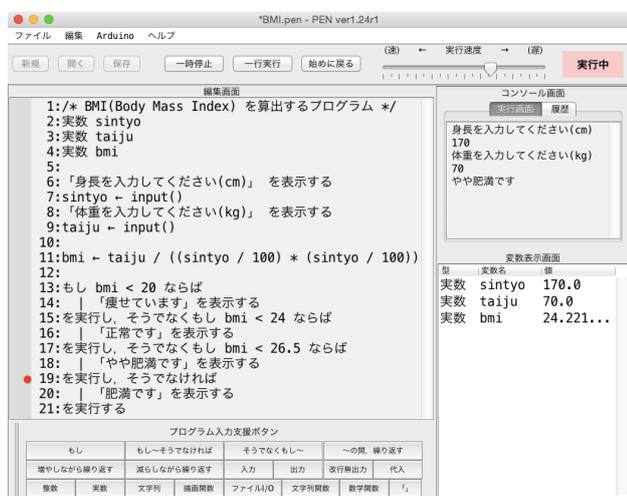


図 1 PEN を実行したときの画面

これらの機能の他に, PEN から LilyPad Arduino にプログラムを書き込む機能があり, また LilyPad Arduino シミュレータのプラグインを PEN に導入すると PEN から図 2 のようにコンピュータ画面上で LilyPad Arduino 用のプログラムの実行テストができるようになる。

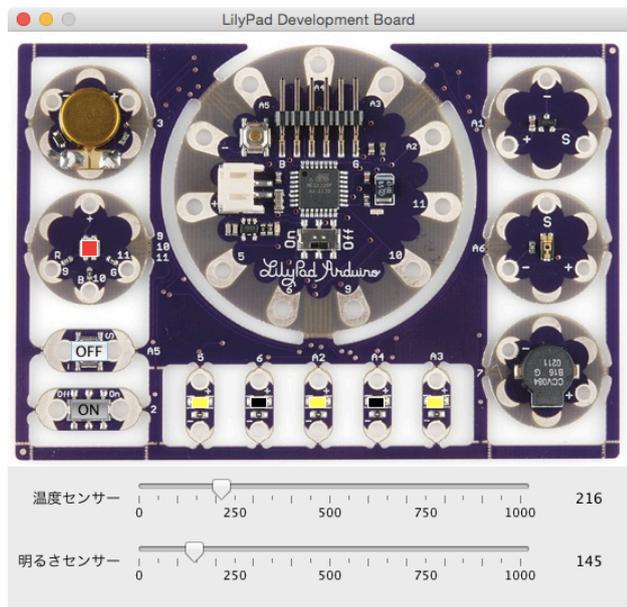


図 2 LilyPad Arduino シミュレータの画面

### 3. PEN を用いた教育実践

本章では京都ノートルダム女子大学におけるプログラミング学習について, 2013 年度までと 2014 年度の教育実践について述べる。

#### 3.1 2013 年度までの教育実践

京都ノートルダム女子大学は筆者の吉田が 1998 年度からプログラミング関連の授業の実施を試みており, 2005 年度の人間文化学科の専門科目「コンピュータ基礎演習」では PEN を利用した授業を導入した。2007 年度からは利用範囲を拡大し, 情報リテラシーを身につけるための教育内容を核とした共通教育科目「情報処理(半期 90 分×15 コマ)」の授業で PEN を利用したプログラミング学習の 4 コマを以下のように取り入れていた [13][14]。

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

#### 3.2 2014 年度の教育実践

2014 年度に LilyPad Arduino シミュレータ機能付き PEN[20] を実装した。その教材の評価を行うため「情報処理」の授業で, プログラミングの基礎として 3 コマの授業を行ったあと, LilyPad Arduino とそのシミュレータ機能付き PEN を利用した学習を 2 コマ実施した。

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

2013 年度に実施した通常のプログラミング学習(4 コマ)と, 2014 年度の LilyPad Arduino シミュレータ機能付き PEN を取り入れたプログラミング学習(3 コマ+2 コマ)の授業アンケートの比較を行った。この結果, LilyPad Arduino シミュレータ機能付き PEN を取り入れたプログラミング学習は教材として有効であることを示すことができた [21][22]。

今年度も LilyPad Arduino シミュレータ機能付き PEN を取り入れたプログラミング学習の教育実践を行ったので次の章で報告する。

### 4. LilyPad Arduino シミュレータ機能付き PEN を利用した教育実践

今年度「情報処理」の 8 クラスのうち, 吉田が 3 クラス, 中村が 1 クラス担当することになった\*1。今年度は 5 コマすべてマイコンボード LilyPad Arduino とそのシミュレータ機能付き PEN を利用したプログラミング学習を行うことにした。しかし, 5 コマのマイコンボードを利用したプログラミング学習は初めての試みで時間配分や教え方がクラスごとにはばらつきが生まれたり, 練習問題や課題の難易

\*1 残りの 4 クラスは他の教員が担当。

度が学習者に適切でない可能性があることが考えられた。中村が担当するクラス（2 回生 3 名，1 回生 4 名）だけプログラミングのコマを 2 週分先行させ，吉田がこの授業を見学し授業進行など細かく記録しつつ，練習問題や課題の難易度が適切かどうかなども確かめた。その先行した授業からフィードバックを行い，授業内容と資料および課題の微調整し，吉田が担当する 3 クラス（表 1）を対象に授業およびアンケート調査を行った。

表 1 クラス別人数

	A クラス	B クラス	C クラス
4 回生	1 名	1 名	0 名
3 回生	0 名	5 名	0 名
2 回生	7 名	9 名	10 名
1 回生	12 名	7 名	5 名
合計	20 名	22 名	15 名

便宜上クラス名を A~C としている

#### 4.1 授業概要

授業で利用している演習室のコンピュータはセキュリティの関係上，マイコンボードのドライバをインストールすることができない。そこで，練習問題は各コンピュータのシミュレータ上でのみ実行させ，演習課題や提出課題はシミュレータ上で完成したプログラムを USB フラッシュメモリにコピーさせ，教室後方に設置した 4 台の書き込み専用コンピュータで LilyPad Arduino にプログラムを書き込ませた。また，LilyPad Arduino の実機の数に限りがあり 2 人 1 台分しかないので，ペアを組ませその 2 人で交互に実機へ書き込み，お互いの書き込んだプログラムを見せ合えるよう課題を工夫した。図 3 は授業中の風景だが，シミュレータを活用しているのがうかがえる。



図 3 授業中の風景

以下に，5 コマ分の LilyPad Arduino シミュレータ機能付 PEN を利用した授業概要を示す。

- 第 1 回目 マイコン基礎
  - プログラミングとは？
  - プログラミング環境について
  - マイコンボードについて
  - 練習 1-1 LED を光らせよう
  - 練習 1-2 LED を光らせたあとに消灯させよう
  - 練習 1-3 違う単色 LED を光らせよう
  - 練習 1-4 2 つの単色 LED を制御してみよう
  - 演習課題 1 互い違いに LED を光らせよう
- 第 2 回目 マイコン制御
  - 練習 2-1 フルカラー LED を光らせよう
  - 練習 2-2 フルカラー LED を他の色に光らせよう
  - 演習課題 2 フルカラー LED を好きな色で光らせる
  - 提出課題 1 ペアとなっている人と相談し役割分担して 2 つのプログラムを完成させ，マイコンボードに書き込んでみよう
    - \* 5 つの LED を全て使って楽しくなるようなオリジナルの点滅パターンを作成せよ
    - \* フルカラー LED を使ってオシャレに様々な色へと変化するプログラムを作成せよ
- 第 3 回目 マイコン制御 繰り返し処理
  - 練習 3-1 単色 LED を 10 回点滅させよう
  - 練習 3-2 単色 LED を 10 回点滅させよう簡単 Ver.
  - 練習 3-3 単色 LED を 50 回点滅させよう
  - 練習 4-1 フルカラー LED を徐々に光らせてみよう
  - 練習 4-2 歩行者専用信号機のようにフルカラー LED を光らせよう
  - 練習 5-1 プログラムを読み解いてみよう
  - 練習 5-2 このプログラムは何をしているか考えよう
  - 提出課題 2 ペアとなっている人と相談し役割分担して 2 つのプログラムを完成させ，マイコンボードに書き込んでみよう
    - \* 5 番 PIN と 16 番 PIN の単色 LED を 500 ミリ秒光らせ消灯させ，すぐに 6 番 PIN の単色 LED を 500 ミリ秒光らせ消灯というのを 15 回行うプログラムを作成せよ
    - \* フルカラー LED を青色 5 秒 黄色 3 秒 赤色 5 秒と変化しながら点灯するのを 5 回繰り返すプログラムを作成せよ
- 第 4 回目 マイコン制御 条件分岐
  - 練習 6-1 明るさセンサーの値を取得
  - 練習 6-2 暗かったらフルカラー LED を光らせよう
  - 練習 6-3 明るさによってフルカラー LED を違う色で光らせよう
- 第 5 回目 マイコン制御 条件分岐 2
  - 練習 6-4 明るさ（三段階）によってフルカラー LED を違う色で光らせよう
  - 演習課題 6 明るさ（五段階）によってフルカラー LED

を違う色で光らせるプログラムを完成させ、マイコンボードに書き込んでみよう

- 演習課題 6ex 演習課題 6 に無限ループを取り入れて、そのプログラムをマイコンボードに書き込んでみよう
- 宿題 作品企画シート LilyPad Arduino を使って作品を作るとしたら、どのようなものを作成したいか？

各授業は練習問題を資料で例示しつつ、そのプログラムを記述させ実行および説明を行う。その後、各自で演習課題もしくは提出課題に取り組みさせた。「第 5 回目 マイコン制御 条件分岐 2」の授業で使用した練習問題と演習課題を以下に示す。

#### 練習 6-4

明るさセンサーの値を取得して、暗い時(値が 50 未満)のときは赤色、薄暗いとき(値が 150 未満)のときは緑色、明るいとき(値が 150 以上)の時は青色と明るさによってフルカラー LED の光る色が変わるプログラムを作成してみよう。

```

1: 整数 light
2: pinMode(9, "OUTPUT")
3: pinMode(11, "OUTPUT")
4: pinMode(10, "OUTPUT")
5: analogWrite(9, 255)
6: analogWrite(11, 255)
7: analogWrite(10, 255)
8:
9: light  analogRead(6)
10: もし light < 50 ならば
11:   | analogWrite(9, 0)
12: を実行し、そうでなくもし light < 150 ならば
13:   | analogWrite(11, 0)
14: を実行し、そうでなければ
15:   | analogWrite(10, 0)
16: を実行する
    
```

#### 演習課題 6

明るさセンサーの値を取得して、下記に示す明るさの段階でそれぞれ別の色でフルカラー LED を光らせよう。光らせる色は各自で決めて良い。

明るさセンサーの値	光の三原色		
	赤	緑	青
~ 50 未満			
50 以上 ~ 100 未満			
100 以上 ~ 150 未満			
150 以上 ~ 200 未満			
200 以上 ~			

## 5. アンケート調査と結果

毎回の授業の最初にアンケート用紙を配布し、各問題が終わった直後に該当箇所を答えてもらう形式でアンケートを実施した。アンケートは各例題および練習問題に対して「理解度」を 6 段階で、「楽しさ」を 5 段階で回答するように求めた。また、演習課題と提出課題については、この項目のほかに「課題作成に関する質問」と「課題についての自由記述」を追加した。さらに、授業全体の調査項目として「理解度」、「授業の面白さ」、「授業の難しさ」、「授業に関する自由記述」を設定した。以下では授業全体の項目に関しての結果を報告する。

図 4 は授業の「難しさ」に対する回答のグラフである。5 コマとも、授業が難しいと感じている受講生が多いものの、授業の理解度(図 5)は多くの受講者が「よく理解できた」もしくは「だいたい理解できた」と回答していた。

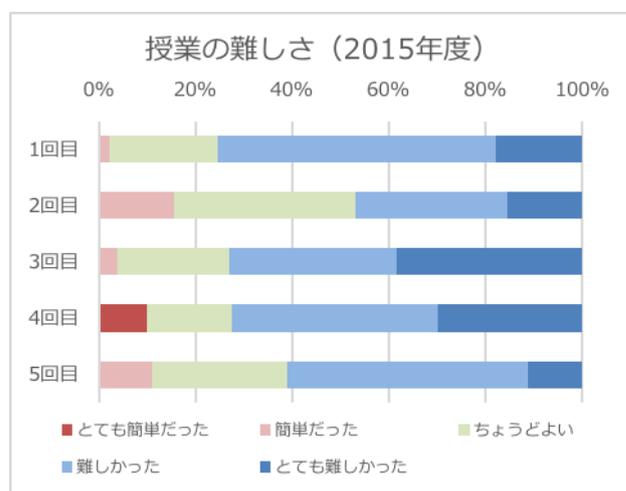


図 4 2015 年度 授業の難しさ

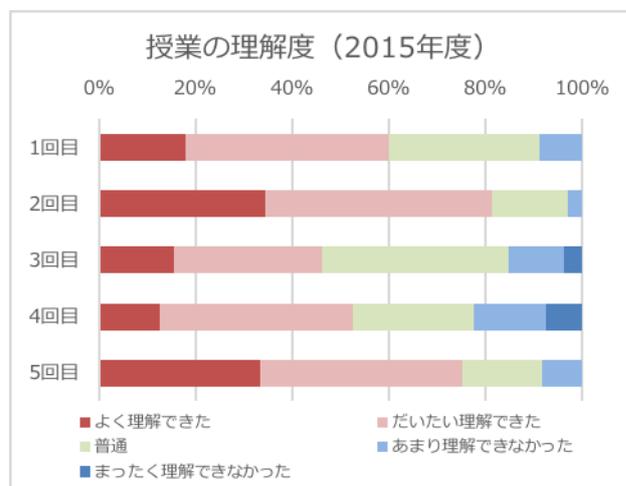


図 5 2015 年度 授業理解度

しかし、図 5 の授業の理解度だけを見ると、3, 4 回目が

他の回と比べて理解度が落ちている。3回目の授業では練習問題が多かったにも関わらず、二重ループのプログラムがどのように動いているかをトレースさせる練習もさせるなど、たくさんの内容を1コマに詰め込み過ぎていた。また、授業に関する自由記述には「進むのがはやくて追いつけませんでした。」という、授業の進み方についてのコメントが見られた。これらのことから、3回目の授業の理解度が落ちているのは授業の進み方が速すぎたからだと考えられる。4回目の授業では、3回目の補足説明を加えた結果、前回同様に授業の進み方が速くなってしまい、それに加えてプログラムを実機に書き込む時間をあまり取ることができず、シミュレータ上だけの作業になったからではないかと考える。

図6は授業の面白さを4段階で回答を求め、その結果をグラフにしたものである。5コマとも授業の面白さを「とても面白かった」もしくは「どちらかという面白かった」と多くの受講生が回答していた。

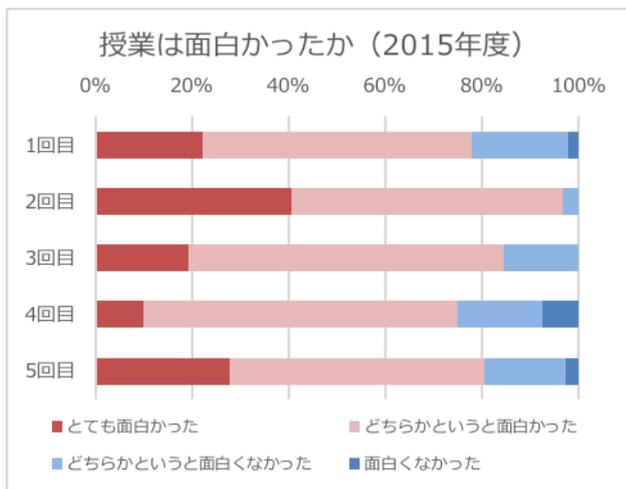


図6 2015年度 授業の面白さ

以下に各授業の「授業に関する自由記述」に回答されたものの一部を抜粋し掲載する。

- 第1回目 自由記述欄
  - 今日くらいのスピードがちょうど良い。
  - はやくひからせたいな。ピカピカ。
  - たのしかったー (^o^)
  - 今日は演習だったので、楽しかったです。
  - とてもおもしろかったです。作り方を覚えたら簡単な作業だなと思いました。
  - プログラミングはもっと難しいものだと思っていたけれどそれほどではなかった。いろいろためしてみたいと思った。
  - はじめてだったので、最初は意味がわからなかった。でも、できたときは、嬉しかったです。
  - 少し難しかったけどおもしろかった。

- 説明が分かりにくかった。
- プログラムわからない
- 第2回目 自由記述欄
  - 自分の好きな色にするのが1番楽しかったです。
  - きらきらしててきれいでした。音をだしたりとか色んなくみあわせをたのしんでみたいです。
  - とにかく楽しかった
  - 面白かったです！
  - いろいろ学ぶことができた。
  - できたので、よかったです。
  - つかれました。
- 第3回目 自由記述欄
  - 全然理解できないまま授業がすすんでいきおもしろくない。
  - 進むのがはやくて追いつけませんでした。
  - 今までの倍以上むずかしい(・・)
- 第4回目 自由記述欄
  - たのしかったです！！またやりたいです。クリスマスツリーのライトとかプログラミングしてもたのしそう。
  - たのしかったです。
  - スピードが速くて分かりにくい。
  - 進むスピードがはやくてついて行けなかった。
- 第5回目 自由記述欄
  - かんたんだった。ピカピカしてた。
  - 今日はいつもより楽しかった
  - 明るさで自動で色が変わる所までできました！
  - 出来ると楽しかったです
  - 少しつまんだけどできてよかった。

## 6. おわりに

文系大学である京都ノートルダム女子大学の共通教育科目「情報処理」で、昨年度はプログラミングの基礎を3コマ、LilyPad Arduino とそのシミュレータ機能付きPENを扱った学習を2コマ実施し、マイコンを扱った学習教材は有効である程度示すことができていた。

今回、プログラミングを扱う5コマすべてをLilyPad Arduino とそのシミュレータ機能付きPENの学習教材に変えて教育実践を行った。その結果、授業は難しく感じるが面白いと思いながらプログラミングを学習している受講生が多く見られ、LilyPad Arduino とそのシミュレータ機能付きPENはプログラミングの学習教材として、有効であると再確認することができた。

来年度以降は今回問題点のあった部分を改良し、今年度と同じ形態でプログラミング学習を継続していく予定である。また、大学だけではなく、中学校や高等学校でも利用できるコースウェアも考えていく予定である。

謝辞 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”, [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/) (2016/01/20 確認).
- [2] 首相官邸 日本経済再生本部: “『日本再興戦略』改訂 2015—未来への投資・生産性革命—”, <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/> (2016/01/20 確認).
- [3] 教育課程部会 情報ワーキンググループ: [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/059/](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/059/) (2016/01/20 確認).
- [4] VISCUIT (ビスケット): <http://www.viscuit.com/> (2016/02/05 確認).
- [5] Scratch: <http://www.scratch.mit.edu/> (2016/02/05 確認).
- [6] CRiPS: <http://www.matsuzawalab.info/wiki.cgi?page=CRiPS> (2016/02/05 確認).
- [7] プログラミング言語「ドリトル」: <http://dolittle.eplang.jp/> (2016/02/05 確認).
- [8] 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/> (2016/01/20 確認).
- [9] 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).
- [10] 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学習環境 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).
- [11] 中村亮太, 西田知博, 松浦敏雄: “高等学校での「プログラミング」教育の導入—PEN を用いて”, 情報処理学会研究報告 2008-CE-94 (2008/05).
- [12] Tomohiro Nishida, Akira Harada, Tomoko Yoshida, Ryota Nakamura, Michio Nakanishi, Hirotochi Toyoda, Kota Abe, Hayato Ishibashi, Toshio Matsuura: “PEN:A Programming Environment for Novices—Overview and Practical Lessons—”, Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, pp.4755–4760 (2008/07).
- [13] 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 (2008/07).
- [14] 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 (2011/03).
- [15] Arduino: <https://www.arduino.cc/> (2016/01/20 確認).
- [16] LilyPad Arduino: <http://lilypadarduino.org/> (2016/01/20 確認).
- [17] 松浦敏雄, 中村 太, Liu Lu, Chan Myae THU, 西田知博: “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, pp.77–78 (2012/08).
- [18] Tomohiro Nishida, Ryota Nakamura, Liu Lu, Chan Myae Thu, Toshio Matsuura: “Development of Learning Support Software and Educational Materials for Studying Measurement and Control by Programs” Proceedings of EdMedia: World Conference on Educational Media and Technology 2013, pp.108–114 (2013/06).
- [19] 吉田智子, 山口直希, 中村亮太, 中西通雄, 松浦敏雄: “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”, 2014 PC Conference, pp.38–41 (2014/08).
- [20] 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”, 第 77 回全国大会講演論文集, pp. 565–567 (2015/03).
- [21] 吉田智子, 中村亮太, 松浦敏雄: “「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~”, 情報処理学会研究報告 2015-CE-128 (2015/02).
- [22] Tomoko Yoshida, Toshiyuki Kamada, Ryota Nakamura, Toshio Matsuura: “Development and Use of a Programming Environment for Learning the Mechanism of Measurement and Control by Programs”, Computer Engineering, and Education Technologies, pp.32–40 (2015/09).