

ブラレールを用いた学習教材の改良

西内康裕^{†1} 中川洋^{†2} 中西通雄^{†1}

概要：我々は、中学校技術・家庭科の「プログラムによる計測・制御」の教材として、2011年度にタイルプログラミング環境 Eduino を、2013年度にブラレールを用いた学習教材を開発・評価した。今年度は Eduino にプロシージャ機能を追加し、指導者が一連の処理をプロシージャとして作成し、学習者に部品として与えることで、学習者に処理の内容を考えられるようにした。さらに、ブラレールに内蔵した Arduino に XBee を追加し、USB 接続ではなく無線で制御プログラムのアップロードをできるようにした。また無線により、動作中のブラレールの各センサの値をパソコン側に取り込み、学習者が設定した閾値で条件分岐を確認できる。

1. はじめに

平成 24 年度より、中学校技術・家庭科の情報分野において「プログラムによる計測・制御」が必修項目となった。しかし、教育現場では、指導経験が少ない、教材開発ができていない、授業時間に制限がある、といった問題があり、指導者の不安要素となっている[1].

そこで、著者らの研究室（以下本研究室）では、50 分×2～3 回程度で授業ができるように、Arduino を利用したプログラミング学習教材「Eduino」を 2011 年度に桐畑鷹輔と主原佑記が開発した[2][3]. Eduino はソフトウェアとハードウェアの両方の総称であり、そのソフトウェアは、総合開発環境である Arduino IDE をベースとして、Windows 上でタイルプログラミングできる機能が追加されている。ハードウェアは、明るさセンサや 7 セグを含む独自基板である（図 1）.

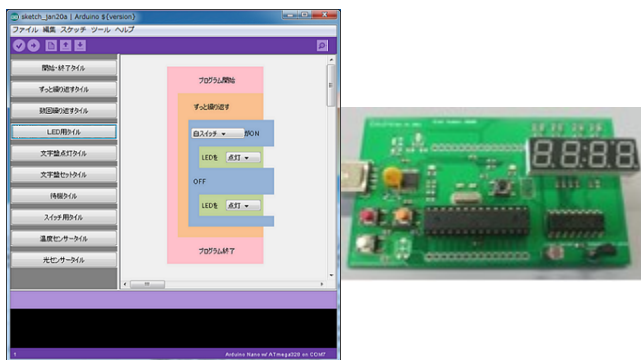


図 1 Eduino のソフトウェアとハードウェア

2013 年度には栗田大智が、ブラレールを用いた計測・制御向け学習教材を開発した。このブラレールは制御基板として Arduino Nano を使用している。Eduino を用いて Arduino Nano にプログラムをアップロードすることにより、ブラレールにつけた距離センサと明るさセンサを利用して、列車の前進・後退・停止を制御することができる[4].

本研究では、Eduino のソフトウェアにプロシージャを追加した。またハードウェアとして 2013 年度に開発されたブラレール用ブレッドボードをプリント基板化し、さらに XBee を組み込んだ基板も作成した、これら 2 点の改良を施した基板を用い、計測・制御を学べるようにする。

プロシージャとは、プログラミングにおいて、複数の処理をひとつのタイルに集約するものである。指導者が一連の処理を作成しておく事で、学習者に処理の内容を考えさせるように、評価する[5].

2. 関連研究

プログラムによる計測・制御の教材としては、開隆堂の教科書にも掲載されているビュートレーサが有名であるが[9]、ここではそれ以外の 3 つについて紹介する。

2.1 LilyPad を用いた研究

この研究では、学習者は初心者用プログラミング環境 PEN を用いて、LilyPad Arduino に例えば「周りが暗くなると LED が点灯する」というプログラムを書き込む。そして学習者はぬいぐるみやかばん、服などの布製品に、プログラムを書き込んだ LilyPad Arduino や LED、光センサを縫い付ける。そして導電糸で LilyPad Arduino と LED、センサを結びつける。LilyPad Arduino にリチウムイオンポリマー電池を接続することにより、プログラムが開始され、周りが暗くなると布製品に縫い付けてある LED を光らせることができる。このように技術科、家庭科を織り交ぜた授業を目指している（図 2）[6].

^{†1} 大阪工業大学情報科学部コンピュータ科学科
Dept. of Computer Science, Osaka Institute of Technology

^{†2} 大阪工業大学情報科学研究科
Graduate school of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology

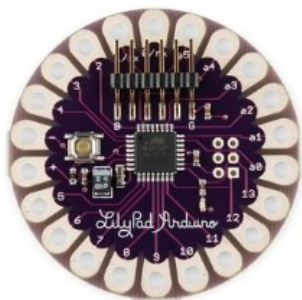


図 2 LilyPad Arduino

2.2 Arduino を用いたエレベータ制御教材

大阪工業大学教職課程教授の荻野和俊が担当している「情報科教育法」の中で Arduino を用いた実習がある。この実習では Arduino UNO と標準の Arduino ソフトウェアを用いている。プログラムは Arduino IDE 上で C 言語に似た言語を用いて作成する。まず、1 コマで、シリアルモニタやスイッチを用いてセンサの使い方を、プロペラを用いてモータの制御を知る。次の 1 コマで Arduino とモータ、センサ、スイッチを組み合わせたエレベータ模型を用いて、「上昇ボタンを押すとエレベータが上昇しセンサが反応すると停止し、それ以上上昇しなくなる。また、下降ボタンを押すとエレベータが下降しセンサが反応すると停止しそれ以上下降しなくなる」というプログラム作成課題を行う中で、計測と制御を学ぶ (図 3)。

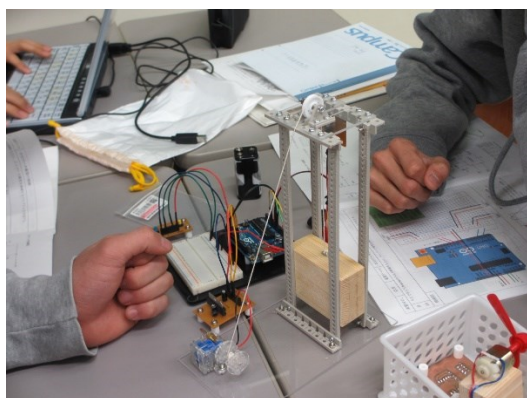


図 3 演習風景

2.3 α -Xplorer

α -Xploreとは株式会社ダイセン電子工業が制作した、32bit AVRマイコンを搭載したロボットプログラミングキットである。C-Style for Alpha-Xplorerという専用のソフトウェアを用い、プログラムを作成する。また、USBを用いてマイコンを制御する。標準でラインセンサーが2つ付いており、3本の電池で2つのモータを動かしている。プログラムは、日本語表記のボタンをクリックすることで作成できる。また、変数を用いて条件を分岐させることもできる (図 4)。

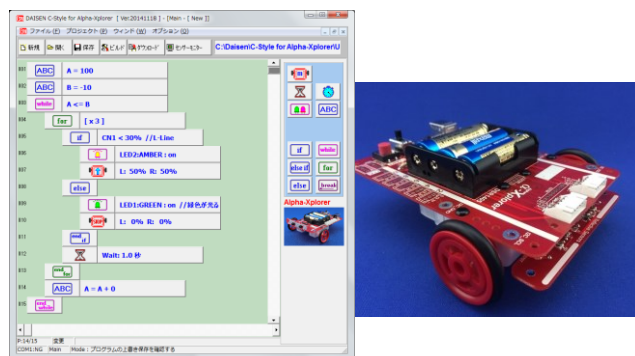


図 4 C-Style for Alpha-Xplorer と α -Xplore

3. ハードウェア

3.1 Arduino

Arduino とは AVR マイコンを搭載した基板と開発環境で構成されたものである。これらは全てオープンソースであり、Arduino Fio や LilyPad Arduino などのように、独自の基板を作成することが可能である。

3.2 XBee

XBee は 250kbps という低速通信ではあるが、低消費電力で、かつ他無線モジュールと比較しても安価である (図 2)。

Bluetooth モジュールは 1 つ 6000 円程度であるのに対して、XBee は 1700 円である。また無線化することにより、機器が動作している状態で あっても、AVR マイコンなどが取得している値を「リアルタイム」にパソコンの画面に表示させることができる。

上記より無線化することで、さらなる授業展開が期待できる。



図 5 XBee

3.3 プリント基板

2013 年度に栗田大智が開発したプラレールは、制御基板である Arduino Nano に USB をケーブルで接続することによりプログラムのアップロード、およびシリアルコンソールを使用し各センサの値を確認していた[4]。しかし制御基板の周りには、電車を制御するための回路や各センサの値を取得できるようにする回路が存在していた。その結果 USB ケーブルを外すことが困難になり、10cm の USB ケーブルをつけたままで演習を行った。演習中にもこの USB ケーブルがネックとなり、USB ケーブルの重みで動かなくなってしまふなど、プラレールの動作自体に影響を及ぼした。またブレッドボードでの開発により配線は容易であるが、ふとした拍子にジャンパーピンやパーツが外れ、プラレールが動かなくなることや、各センサが正常に値を取得できなくなるなど、演習の進行に支障をきたす可能性がある。そして、これらの問題を解決するため、USB 版と XBee 版の 2 点を作成した。

3.3.1 USB 版プリント基板

USB 版プリント基板は、過去に開発されたプラレールと同様、USB での接続をすることによりプログラムのアップロード、および各センサから取得している値を表示させる事が可能である。プリント基板はプラレール本体に完全に内蔵できるようにした。学習者が制御基板上にあるセンサやモータドライバに触れ、動作不良を起こさないようにできた (図 6)。

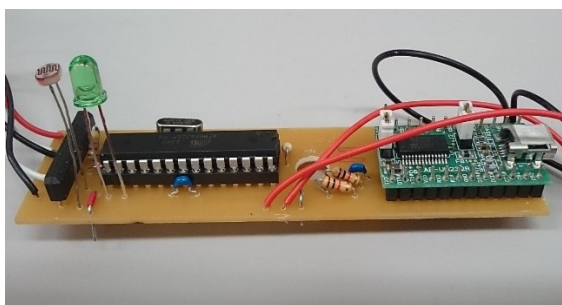


図 6 USB 版プリント基板

3.3.2 XBee 版プリント基板

XBee 版プリント基板は、XBee を用いることにより、USB でプラレールに接続する必要がなく、動作中のプラレールにプログラムのアップロード、シリアルコンソールで各センサの値が取得可能となった (図 7)。

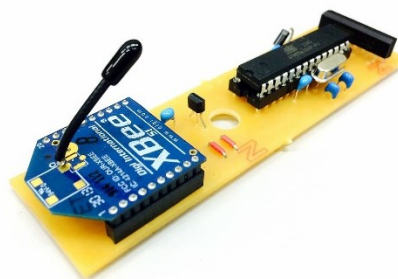


図 7 XBee 版プリント基板

3.4 プラレール

ハードウェアの題材にプラレールを用いた理由は、次の 3 点である。

1. 学習者にとって身近なおもちゃである
2. 距離センサを用いる制御に適している
3. コース上にトンネルを設置することで照度による制御ができる

この教材を利用し、日常生活と計測・制御の関わりが理解でき、かつプログラミングの分野に興味・関心を得ることを期待している (図 8)。



図 8 教材の外観

1 台 (1 編成) の部品代は、USB 版は約 3 千円、XBee 版は約 8 千円である。

またプリント基板にパーツのハンダ付けと、センサやモータに配線を行う作業を合わせると約 5 時間かかる。

4. ソフトウェア

4.1 Eduino ソフトウェア

プログラミングに用いるソフトウェアは、Eduino のソフトウェアに機能追加したものである(以下、これを単に Eduino と呼ぶ) [2][3].

Eduino のプログラミング画面を図 5 に示す。図の左側はタイトルを生成するボタン群であり、右側はプログラミングを行う領域である。学習者は、画面左側のボタンをクリックして、目的に応じたタイトルを右側画面に生成し、タイトルをマウス操作で組み合わせることで、プログラミングを行う。タイトルを組み立てた後、コンパイルボタンを押し、Arduino にアップロードを行うことでプログラムの実行結果を確認できる。

タイトルプログラミングを用いる理由は、C 言語や Java のようなソースコードを記述する場合と比べ、

- ・ 文法エラーによる学習者の混乱を防げる。
 - ・ 分岐や繰り返しの構造を視覚的にとらえることができる。
- という利点があるためである[4][7].

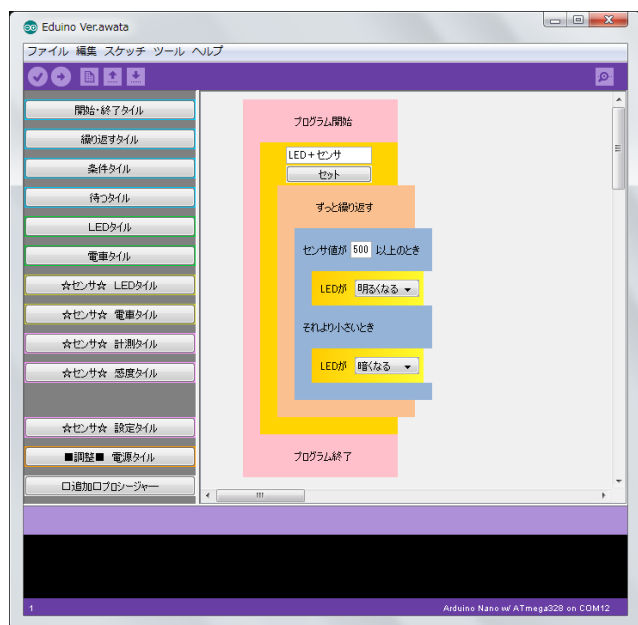


図 9 プログラミング画面

Eduino のタイトルを組み合わせると、光センサで周囲の照度を計測することや、モータと LED の動作制御ができる。さらに、取得したセンサの値によって、モータの回転速度や LED の明るさを制御するタイトルが用意されている。

4.2 エディタ部のボタン変更

Arduino IDE では、標準でエディタ部に「検証」「書き込み」「新規」「開く」「保存」「シリアルモニタ」のボタンがある。しかし、Eduino では「開く」などでスケッチの変更や保存を行わず、また「検証」も構文エラーが起らないために削除した。そして、「電車を止める」「アップロード」「シリアルモニタ」の 3 つの機能に絞ったボタンを作成した。「電車を止める」ボタンは障害物に接近したプラレールを緊急停止ボタンとして追加し、衝突によるプラレールの故障を防ぐことができると考えている。ボタンに文字を表示させたのは一目で内容がわかるようにするためである。(図 10)

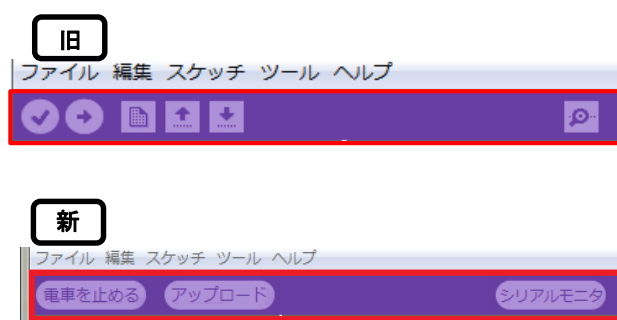


図 10 エディタ部のボタン

個々のボタンを Arduino IDE の標準のものよりも大きくしたことで、タッチパネルで Eduino を使用した際に、ボタンが押しやすくなった。

5. プロシージャ機能の導入

本研究で導入したプロシージャ機能について説明する。

5.1 プロシージャ機能

一般的にはプロシージャとは、プログラミングにおいて、複数の処理をひとつに集約するものである。何度も利用する処理をまとめることでプログラム作成の手間を省くことができる。

実際にプログラムを教育する場においては、指導者が予め一連の処理を作成しておく。そして、学習者が使用するパソコンに事前に配布することで、処理の内容を考える手助けとなると考えている。

5.2 組み合わせたタイトルの縮小

本研究では、処理単位であるタイルを複数個まとめて、プロシージャとして定義するタイルを用意する(図 7)。左上が編集用のタイルであり、下が縮小化したタイルである。右上が集約したいタイルである。集約したい処理のタイルを編集用タイルの間に挟み、セットボタンを押すと、挟まれたタイルが縮小化される。また、編集用のタイル内のテキストエリアに名前を記入することもでき、縮小化されたタイルから、選択することもできる。(図 11)

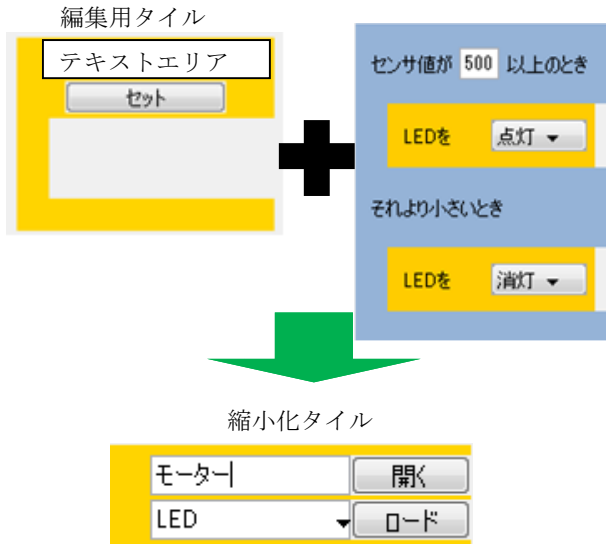


図 11 プロシージャ(イメージ)

また、縮小化した状態で、「開く」のボタンを押すことで、縮小されたタイルを拡大することもできる。

5.3 表示するタイルの減少

プロシージャを利用して、タイルを複数まとめることができる。したがって、プログラミングを行う領域に表示するタイルの数を少なくできる(図 12)。

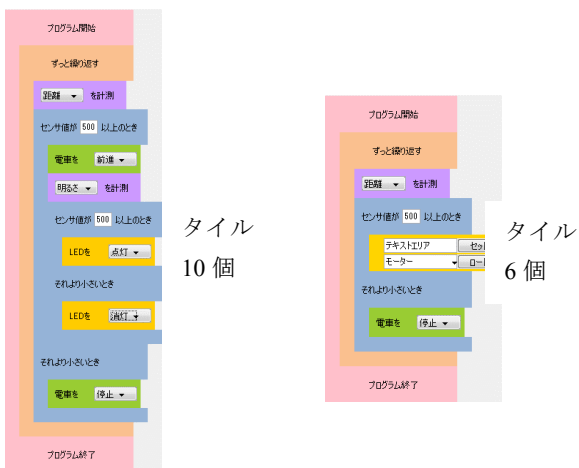


図 12 同じ制御を行うタイル

また、共通する制御がある場合、プロシージャを用いることで、プロシージャを用いない時よりも、画面をスクロールしなくてよくなり、プログラムを把握しやすくなる。

5.4 教育への対応

学習者の理解度に応じて、プロシージャによってまとめる処理の数を変えることができる。

利用例を図 13, 図 14 に示す。図中右側と左側のタイルはどちらも同じ制御を行っている。センサの値によって、プラレールを制御する際、指導者が事前に処理を集約したタイルを作成し、ファイルに保存する。プログラミングに慣れ親しんでいない学習者が、使用するパソコンに、保存したファイルを配布することで、制御を体験してもらうことができる。

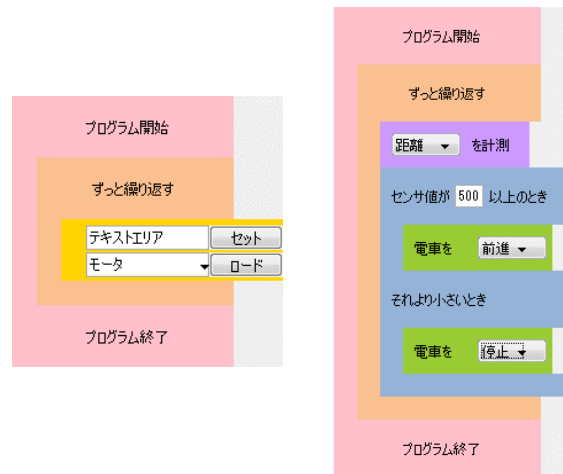


図 13 プラレール制御の例

また、指導者がプロシージャを使用した制御をデータで配布し、タイルに組み入れることで、どのような処理をしているのか、学習者に考えさせることもできる。

図 14 は授業の中で指導者が学習者に対して提示するタイルの例である。周囲が明るい場合、LED が消灯し、プラレールが前進する。周囲が暗いと、LED が点灯し、プラレールが停止する制御をする両方とも同じ制御を行うものとする。例えば LED と光センサや、アクチュエータの制御を学んだあとに、図 14 の左側のタイルを学習者に提示する。提示されたタイルと、プラレールの動きを見ることで、学習者は右側のタイルを組み立てることができると考えている。

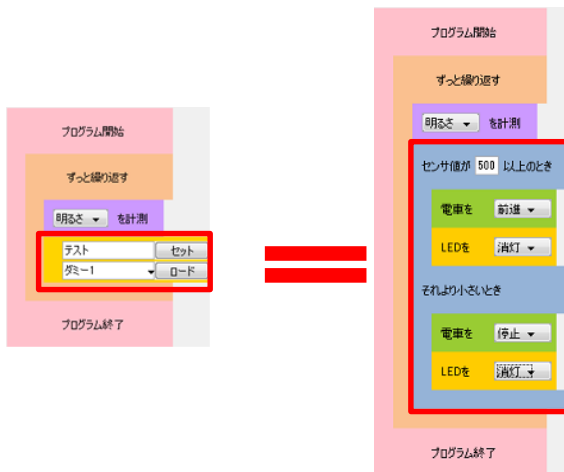


図 14 タイルの例

6. 評価

中学生を対象として、本教材の評価を行う予定である。

6.1 学習指導案

中学校学習指導要領では「技術・家庭」の情報分野に関する3番目に「プログラミングによる計測・制御」があり、次の2項目が学習目標として記載されている。

- (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。

本研究では、この目標に対して、以下の2点について学習者の理解度を評価する。

- ・ センサからアクチュエータの動作を具体的に理解し、説明できる。
- ・ 目的に応じて適切な処理手順を考え、順次・分岐・反復を用いてプログラムを作成することができる。

現在使用できるプラレールが3台なので、授業計画一回あたりの評価人数を2-6人として、1台を2人で利用させる。

6.2 授業計画

1コマ50分の計2コマで授業を行う。授業計画は以下の通りである。

1コマ目

- ・ 簡単な知識の確認
- ・ 技術・家庭科でこの教材が使用された場合、意欲的に参加できるか

- ・ この授業を実施する理由と目的
- ・ PCの立ち上げとソフトウェアの起動
- ・ アップロードの流れとテストプログラムのアップロード
- ・ LED点灯に関するプログラム
- ・ モータ動作に関するプログラム
- ・ 光センサ、距離センサの説明
- ・ プロシージャの説明

2コマ目

- ・ センサを用いたプラレールの追いかっこ（距離センサ）
- ・ 暗くなるとLEDを点灯させる（光センサ）
- ・ プラレール同士が近寄ると停止し、LEDを点滅させる
- ・ タイルから動作を説明するテスト

授業後アンケート

- ・ タイルの組み合わせからどのような制御をするのか回答してもらう
 - ・ 身近な家電製品が何を計測し、何を制御しているのか回答してもらう
 - ・ プログラムで何ができるのか、発想を書いてもらう
- 本研究でEduinoに追加したプロシージャに関しては、1コマ目の最後に使い方を説明し、2コマ目のプラレールの追いかっこなどの制御に使用してもらう。また、タイルからの動作を説明するテストなどにも使用する。

6.3 評価方法

2コマ授業を行った後に、アンケートを実施する。内容は、Eduino、プラレール、プロシージャ機能、授業全体の4項目に対して、5段階評価をしてもらう。評価してもらう項目は以下の通りである。

Eduino に関して：

- ・ 操作性
- ・ 表示されている文字による、制御の理解

プラレールに関して：

- ・ 親しみやすさ

プロシージャ機能に関して：

- ・ 利用したかどうか
- ・ 役に立ったか

授業全体：

- ・ 苦手意識を持つことなく授業に臨めたか
- ・ 計測・制御についてイメージができるか

7. 今後の課題

以前の課題

ハードウェアについては、価格において以下の課題がある。1台（プラレール1編成）が5000円というのは、市販の教

材に比べて高価である[4]。しかし、プリント基板を用いることで、現在使用しているハードウェアより 1000 円ほど安く作成することができる。これは、中学校の教材としてはまだ高い。しかし、大量生産による部品代削減が望めないため、これが限界に近いと考えている。

7.1 新たな課題

ソフトウェアについては、習熟度のレベルに合わせて表示させるタイルを変更できるようにしたい。例えば 5 章の授業計画において、以下のようにタイルを表示させる。

- ・授業 1 コマ目に「開始・終了」「繰り返す」「条件」「待つ」「LED」「モータ」のタイルを表示する。
- ・授業 2 コマ目は残りの全て「プロシージャ」「計測」「センサの値で速度が変わるモータ」「センサの値で明度が変わる LED」を表示する。

さらに、タイル生成ボタンやタイル自体の記述に関しても、条件タイルのボタンから生成されたタイルの表示が、センサ値と何のセンサか少し掴みづらいので、授業を行う際に使用例を示し、学習者が条件タイルを使用する際、混乱させないようにしたい。

また、今回の研究内容である、プロシージャについても、中学生だけではなく、小学生から大人まで用いることができると考えている。例えば、プロシージャにセンサ値の取得から条件分岐までをひとまとめにしたタイルを学習者に与えることで、学習するプログラムの難易度を変更することができると考えている。

評価結果については、口頭発表のときに報告したい。

参考文献

- [1] 政宗賢治：“中学校技術・家庭〔技術分野〕の学習内容を相互に関連付ける指導のあり方—プログラムによる計測・制御を題材とした教材開発を通して—”, 広島県立教育センター, 研究紀要, 38, pp. 99-116,(2011)
- [2] 桐畑鷹輔：“Arduino を利用したプログラミング学習教材 Eduino”, 電子情報通信学会関西支部学生会, 講演論文集, pp. 78(2012).
- [3] 主原佑記：“Arduino を利用したプログラミング学習教材 Eduino” 教育システム情報学会学生研究発表論文集, pp. 138-139(2012).
- [4] 粟田大智, 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)
- [5] 中川洋, 中西通雄：“Arduino を用いたタイルプログラミング教材の開発”, PC カンファレンス論文集, <http://gakkai.univcoop.or.jp/pcc/2014/papers/pdf/pcc112.pdf> (2014)
- [6] 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 - LilyPad Arduino を初學者用プログラミング環境 PEN で制御 - ”, PC カンファレンス論文集 <http://gakkai.univcoop.or.jp/pcc/2014/papers/pdf/pcc037.pdf> (2014)
- [7] 井戸坂幸男, 久野靖, 兼宗進：“自律型ロボット教材の評価と授業”, 日本産業技術教育学会誌, 第 53 巻, 1(2010)
- [8] 文部科学省, 中学校学習指導要領解説, 技術・家庭科(2008)
- [9] ヴェイストーン株式会社：“プログラミング学習用教材ロボット Beaut

Racer”

http://www.vstone.co.jp/products/beauto_racer/

- [10] 井戸坂幸男：中学校における情報教育—校内の情報教育と技術・家庭科の授業—, 情報処理学会誌 2012 年 12 月号ペタ語義 (2012) <http://www.ipsj.or.jp/magazine/9faeag0000005a15-att/IPSJ-MGN531214.pdf>