

# オブジェクト指向プログラミング教育における LEGO®を用いた体験型課題の試み

中鉢直宏<sup>†1</sup> 伊藤一成<sup>†2,†3</sup>

青山学院大学社会情報学部では、大学2年生以上を対象に、オブジェクト指向を理解することを主眼に置いたJavaプログラミングの授業を実施している。オブジェクト指向プログラミングを教育する際に、現実世界のオブジェクトを投影する課題がよく用いられる。従来型の課題に変えて、LEGO®を用いたオブジェクト指向に関する体験型課題を行った。本稿では、その試みについて報告を行う。

## A Trial of Experimental Task using LEGO® in Object Oriented Programming Education

NAOHIRO CHUBACHI<sup>†1</sup> KAZUNARI ITO<sup>†2,†3</sup>

A Java programming course to understand object-oriented for sophomore or later has been opened in School of Social Informatics of Aoyama Gakuin University. The task that projecting objects of real world to Java object code directly is often exercised in object-oriented programming class. In this paper, we report experimental tasks using LEGO® instead of conventional methods.

### 1. はじめに

オブジェクト指向プログラミングを学習する際に、導入として学ぶ項目にクラスがある。クラス概念をどのように学習者に理解してもらうかは、オブジェクト指向プログラミングを教育する上で重要な項目である。

青山学院大学社会情報学部では、大学2年生以上を対象に、オブジェクト指向を理解することを主眼に置いたJavaプログラミングの授業を実施している。その中で使用している教科書[1]には、次のようなクラスの説明がある。

「現実世界のオブジェクト（物）や概念を、プログラムの世界のオブジェクト（変数）に投影します。」

例えばはじめにクラス概念を学習する際、構造化プログラミングの知識で理解できるプログラムを先に提示し、新しい実装方法としてクラスを用いた同内容のプログラムを併記する方式が用いられている。この方式は実行結果が同じために、ややもすると何のために必要なかが理解しにくい。そこで、移行する際そのような印象で終わらないように、オブジェクト指向プログラミングの特徴をふまえて教える必要がある。現実社会をオブジェクトとクラスに投影することを実践させ、その重要性は学習者に理解してもらうことである。例えば、表1のように、人間をクラスとして投影させたり、自動車をクラスとして捉え、フィールドやメソッドを考えさせたり、現実世界のオブジェクト

を投影させるような演習を設ける。

表1 教科書のオブジェクト投影課題の例

1: 「名前・身長・体重などをメンバとしてもつ Human クラスを作成せよ」(フィールドやメソッドなどは自由に設計すること)
2: 「自動車クラス Car に対して、フィールドやメソッドを自由に追加せよ。たとえば:タンク容量をあらわすフィールドを追加する・ナンバーを表すフィールドを追加する/燃費を表すフィールドを追加する/移動による燃料残量の計算に燃費を反映させる/給油のためのメソッドを追加する etc…」

人間や自動車を使ったクラスの説明の例は、他のオブジェクト指向に関する本の解説[2]にも扱われており一般的なオブジェクト投影例と思われる。このような現実世界のオブジェクトを学習者によってクラスなどに投影させる課題を本稿では「オブジェクト投影課題」と称することにす。そして、このオブジェクト投影課題が学習者に効果的なものほどオブジェクト指向プログラミングの理解を補助する課題になるのではないかと考えた。

### 2. オブジェクト投影課題について

#### 2.1 既存のオブジェクト投影課題の問題点

前章で扱った既存のオブジェクト投影課題では、次の問題が考えられる。表1の例に示すような人間クラスの場合、一般性が高く、考えやすい題材であるが、社会的視点、身体的視点、様々な視点から捉えることができ、投影課題として持て余す可能性がある。また、自動車クラスの場合は、そもそも自動車に興味がない学生にとっては難しい。結果、どちらも教科書の誘導に従って提案された項目をフィールドやメソッドに追加するだけの作業となってしまう

<sup>†1</sup> 青山学院大学 附置情報メディアセンター  
Institute of Information and Media, Aoyama Gakuin University  
<sup>†2</sup> 青山学院大学 社会情報学部  
School of Social Informatics, Aoyama Gakuin University  
<sup>†3</sup> 青山学院大学 ヒューマンイノベーション研究センター  
Human Innovation Research Center, Aoyama Gakuin University

ている。このことは、講義で提出された学生の課題の傾向からも感じられる。これでは、現実世界のオブジェクトを投影してクラスに落とし込むという本来の目的は達成されない。しかし、一般的すぎず、ジャンルが限られない具体的なオブジェクトという題材を設定することは容易ではない。

また、現実世界のオブジェクトを投影させる際、課題が文字や絵ではクラスを投影するための想像には限界がある。

## 2.2 LEGO®による体験型課題の試み

筆者らは、先の問題点を解決するために、次の3ステップによる内容のオブジェクト投影課題を学習者に試みた。

Step1. 事前に、自分の興味がある現実世界のオブジェクトをLEGO®を使用して作品を制作させる。

Step2. オブジェクト指向プログラミングについての基本を学習した後、LEGO®の作品に対しオブジェクト投影課題を行う。

Step3. 投影したLEGO®クラスを実際にプログラミングソースとして実装し、そのクラスからインスタンス作成させる。

このLEGO®を介した体験型課題により、オブジェクト投影課題の問題を解決し、オブジェクト指向プログラミングの理解を深めることを目指した。

Step1の目的は、学習者の投影対象を制作させることである。学習者には、予備知識を与えずLEGO®による任意の作品を制作させる。その完成した作品は、学習者にとってある程度なじみがあり、クラスに投影しやすいオブジェクトになると考えた。また、実際の文字や絵より、触れる体験できる題材は、投影対象としてオブジェクトとして捉えるには、イメージしやすいのではないかと考えた。

Step2では、学習者の作品に対してオブジェクト投影課題を実施する。今回、実施時期として一通りオブジェクト指向プログラミングを学習したタイミングを選んだ。これは、今まで書籍によるプログラミングソースの学習に対し、異なった視点を与える意味もある。このことでオブジェクト指向プログラミングの再確認を促し、オブジェクト指向プログラミングを理解する有用な手段になるのではないかと考えた。

Step3では、自分が制作した作品を投影したクラスから、インスタンスとして生成させる。実際PCの中でLEGO®の作品のクラスを動かすこと、現実世界をクラスに投影して、プログラムする感覚を体験してもらう。

たとえば、土肥らは、Java初学者のつまずきの要因を分析するとともに、定義されたクラスを表現する実物を見せながらオブジェクトの振舞いや状態を理解させる工夫について言及している[3]。また、水口は、Java言語演習科目において、受講者のモチベーションを維持させるために、継承やオブジェクト変数などオブジェクト指向プログラミングに関する理解を深めるためにゲーム要素を取り入れた課

題を設計している[4]。このように、実物をJavaプログラミングに反映させたり、ゲームの要素をオブジェクト指向プログラミングの課題に組み込んだりすることの有用性はわかっており、今回のLEGO®の作品の制作というゲーム要素に近い試みや実物を使うことによる効果が期待できる。

## 3. LEGO®を使用した経緯

今回、LEGO®を採用した理由として、2012年度より青山学院大学社会情報学部1年生の必修科目である「社会情報体験演習」においてLEGO®を活用してきたことがあげられる。この科目では、Scratchを用いて、センサー情報に基づく処理やハードウェアの制御などフィジカルコンピューティングを通じてのものづくりの楽しさを体得する授業を3×180分設定している。その中で、制御ボード経由でのモーター制御によりLEGO®で作られたオブジェクトをScratchから制御する実習を行なっている[1]。[1]の実践では、LEGO® Crazy Action Contraptions(ISBN 978-1-59174-341-5)を用いている。通常のLEGO®ブロックでは、ポッチと呼ばれる突起を組み合わせることでオブジェクトを作ることができる。しかし、テクニクシリーズではポッチに加え、穴の空いたブロックをペグと呼ばれるコネクタで連結が可能である。テクニクシリーズは歯車やバネなど様々なパーツがあるのが特徴的である。参考までに、図1は学生が作成した四足歩行ロボットの例である。

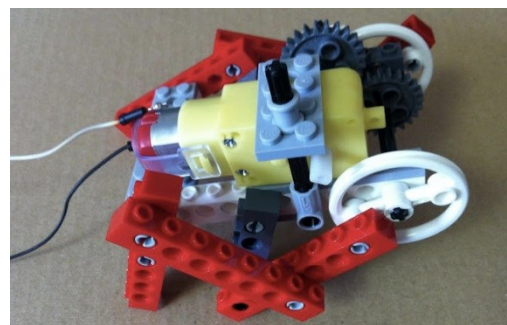


図1 「社会情報体験演習」のLEGO®の作品例

ただし、ほとんどのブロックが白色、灰色、赤色で、形状も限られるため、色彩豊かなオブジェクトが制作できない。そのため、今回はLEGO®基本セット(青バケツ)に含まれている様々な寸法、様々な色のブロック群を加え、より多様な作品作りを可能にするようにした。

LEGO®を使ったオブジェクト指向プログラミングの教材では、Butterworthが、LEGO® Mindstormsを使ったオブジェクト指向プログラミングのスキル習得方式を提案している[6]。しかしLEGO® Mindstormsを使つての試みはその自由度から、あくまでロボット制御の視点からのアプローチになっている。本研究のようにオブジェクト自体をLEGO®を使って作成する考えとは異なる。

## 4. 実践概要

### 4.1 実践した科目のシラバス

今回の試みは、2013年度後期青山学院大学社会情報学部2年生以上の選択科目である「オブジェクト指向プログラミング」「オブジェクト指向プログラミング演習」の2時限(180分)講義の中で実施した。この講義の目的は、「Java プオブジェクト指向分析・設計に基づいたオブジェクト指向開発におけるプログラミング技法に必要となる基本概念について総合的に学習する。」である。Java による構造化プログラミングを学習していることが前提となる。この科目では、オブジェクト指向プログラミングの理解を主眼において Java によるプログラミングで習得することが目的である。講義の概要は、表1に示す。そして、下線部が本研究の実践部分である。

表2 講義の概要

全15回	内容
1	ガイダンス、構造化プログラミングとしてのJava、IDEの使い方
2 (①)	<b>LEGO®ブロックの作品制作 (60分)</b>
2~4	クラスとインスタンス
5	Processingを使ったプログラム作成1
6	クラス変数とクラスメソッド
7	パッケージ
8~9	継承
10	Processingを使ったプログラム作成2
11	多相性
11 (②)	<b>事前アンケート (15分)、LEGO®ブロックのクラス化・インスタンス化 (75分)</b>
12	<b>事後アンケート (15分)、抽象クラス</b>
13	インタフェース
14	総合演習
15	まとめ

実質的な講義開始となる2週目の初めに(表2の①)、図2のように、LEGO®を使用して作品制作するという課題を実施した。学生が作る作品に対して特に制限は設けなかった。ただし、LEGO®の種類と数には限りがあるため、用意できるLEGO®の範囲内で制作してもらった。学生が制作した作品は、スマートフォン・携帯電話を使って撮影しLMSを介して提出するようにした。

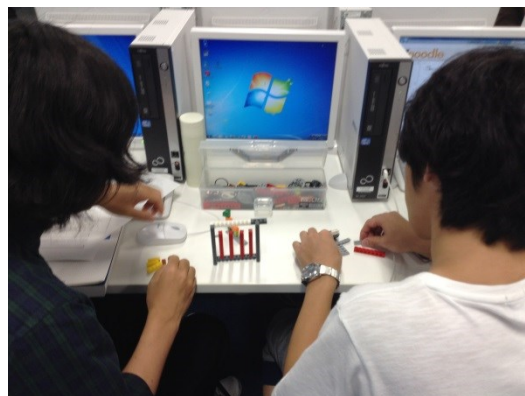


図2 LEGO®によるオブジェクト作成風景

オブジェクト指向を一通り学習した後(表2の②)のタイピングにおいて、実際の自分の作ったLEGO®の作品を、オブジェクトとしてクラスに投影させた。課題の提出方法は、PowerPointのスライドに作品の写真を配置し、投影したときに考えついたクラス、フィールド、メソッドを記載させた。それらの説明は特に求めず、Javaにおける命名法を守って、変数名などでなるべく伝わるように命名させた。

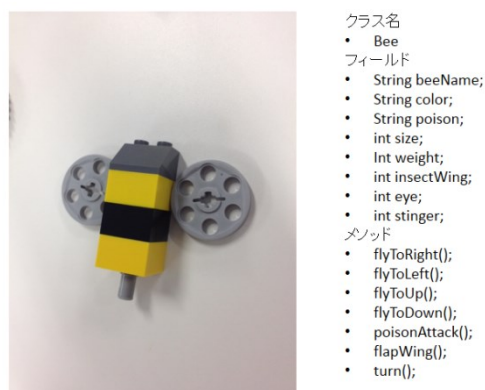


図3 学生の作品のオブジェクト投影課題

次に、PowerPointによるオブジェクト投影課題を完了した学生に対し、実際にPCの中でクラスを実装させるインスタンスを作る課題を行った。ここではProcessingを使用した。Processingはビジュアルデザイン、インタラクショナルデザインなどの分野に特化したプログラミング環境である[7]。プログラミング教育の現場でもProcessingを使った取り組みが報告されている[8]。定義されたクラスはJavaの内部クラスとして扱われるため、Javaとの親和性が非常に高い。5週目、10週目にProcessingを使ったプログラム実装の実習を行った上で、今回作成したLEGO®ブロックの画像をインスタンスの視覚表現として利用する為に、視覚的なプログラミングが簡単に実装できるProcessingを部分的に導入した。

定義したフィールドとメソッドを持つクラスを定義し、インスタンスを生成させるProcessingのプログラムソースで提出させた。図4は、学生が提出した課題例である。図

4 の例では、フィールドの値がテキスト表示され、キー操作に反応して定義した様々なメソッドが呼ばれるようになっている。

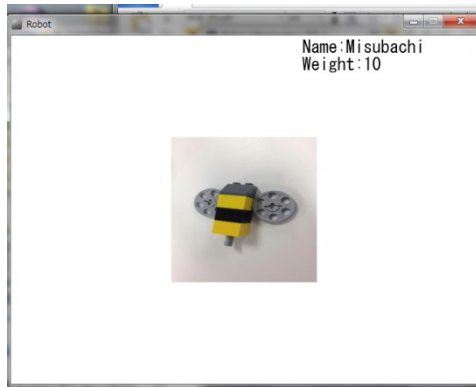


図 4. Processing による実装例

#### 4.2 提出された課題の傾向に関する考察

提出された課題の傾向を考察する。まず、最初の作品作りについてだが比較的學生は積極的に取り組んでいるように思えた。ただ、やはり作品に制限を設けなかったため、最初は何を制作したらいいのか戸惑っている學生も見られた。提出した課題の中には細部までこだわった作品もあり、LEGO®による作品制作は、ある程度抽象化されたオブジェクトになるのではないかと期待したが、抽象度は作品間でかなりの差があった。

実際自分の作品によるオブジェクト投影課題では、命名法が守れていないなどの不備があったが、ほとんどの學生がフィールドを定義できていた。しかし、メソッドに関しては、絵を動かしたり、自己紹介させたりなど、以前に Processing で実装した例をそのまま採用している作品が多かった。この課題において、メソッドの定義は難しかったように思えた。

Processing によるクラスの実装に関する課題では、クラスの定義までは行ったが、インスタンスを作るまでの実装を行えなかった課題が見られた。これは、二つの原因があったのではないかと考える。1 つ目は、課題を作成する際に定義したフィールドとメソッドが多かったため制限時間内に実装することが出来なかった。2 つ目は、Java に比べ、Processing はあまり時間をかけて学習していなかったため、Processing による実装に戸惑っていた。これらの点は今後この課題を実施する際に改善する必要がある。

### 5. アンケートの結果と考察

アンケートの結果と考察について報告する。

#### 5.1 アンケート回答者属性

アンケートの回答者の属性は表 3 の通りである。これらの人数は、実際履修している學生数とは異なる。LEGO®による作品を提出し、事前/事後アンケートに回答した人数である。

表 3 アンケート回答の學生の属性

人数	学年	男子	女子
56 名	2	25 名	21 名
	3	6 名	4 名

#### 5.2 学習効果に関するアンケート結果

設問 1 は、LEGO®ブロックの課題に対し、従来の Human クラスによる実装より興味が持てたかについての質問である。比較対象である Human クラスは、初期の課題から使用する學生にとってが一番なじみがあるクラスである。本質問で、教科書に載っている従来型のオブジェクト投影課題と LEGO®による投影課題の興味が聞くことにより今回の試みが學生にとってどんな印象をもったかを調べた。

【設問 1】LEGO®ブロックの作品と今までの課題の Human クラスどちらが課題として興味を持ってましたか

1. LEGO®の方が興味を持てた
2. LEGO®の方がやや興味を持てた
3. どちらともいえない
4. Human クラスの方がやや興味を持てた
5. Human クラスの方が興味を持てた

結果を表 4 に示す。1 及び 2 と回答した學生を LEGO®派とし、3 は中立、4 及び 5 と回答した學生を Human 派とした。数的には、男子 3 年生を除き Human 派の方がやや多かった。

表 4 設問 1 の回答結果

	LEGO®派	中立	Human 派
全体	20 人	13 人	23 人
男子 2 年	9 人	4 人	12 人
男子 3 年	3 人	3 人	0 人
女子 2 年	7 人	5 人	9 人
女子 3 年	1 人	1 人	2 人

設問 2 は、実際 LEGO®ブロックをクラスとして定義した作品を Processing にて実装したときに、実装する作品をオブジェクトとしてとらえることが出来たかを、Human クラスと比較して聞いた。ちなみに、事前の Processing の課題には、ヒトの形をしたピクトグラム画像を利用して Human クラスを作成させている。

【設問 2】LEGO®ブロックの作品をクラスに実装したときに、今までの課題の Human クラスと比較し、オブジェクト（ものや部品）としてイメージできましたか。

1. LEGO®の方がイメージできた
2. LEGO®の方がややイメージできた
3. どちらともいえない
4. Human クラスの方がややイメージできた
5. Human クラスの方がイメージできた

表 5 の分析結果は、設問 1 と同様に、1, 2 の回答者を

LEGO®派, 3 を中立, 4, 5 の回答者を Human 派としてまとめた. 全体的な数字を見ると, LEGO®派と中立が比較的多く, Human 派は少なかった. オブジェクトとしてのイメージのしやすさは, Human クラスより LEGO®の作品の方が多いことがわかった.

表5 設問2の回答結果

	LEGO®派	中立	Human 派
全体	24 人	20 人	12 人
男子2年	11 人	6 人	8 人
男子3年	4 人	2 人	0 人
女子2年	9 人	9 人	3 人
女子3年	0 人	3 人	1 人

### 5.3 理解度に関するアンケート結果

設問3は, 今回の課題を通して, オブジェクト指向プログラミングについて, 理解が深まったかを聞いた.

【設問3】LEGO®ブロックの作品のクラスを作ることによってオブジェクト指向プログラミングについて理解が深まったと思いますか?

5. 理解が深まった
4. やや理解が深まった
3. どちらともいえない
2. あまり理解が深まらなかった
1. 理解が深まらなかった

【設問3】については, 選択肢を5段階の尺度をとって解釈し, 回答の平均と標準偏差を求めたのが表6である. 全体の平均3.68, 標準偏差が0.96であった. 中央値が3であるから比較的良好な評価であった. また, 表では男の方が, 女性より高い平均を示しているが, 男子全体と女子全体の分散を調べ, t 検定を行ったところ有意差はなかった. 多くの学生が, 今回の試みでオブジェクト指向プログラミングについて考え, 理解が深まったと感じていることがわかった.

表6 設問3のアンケート結果

	5	4	3	2	1	平均	SD
全体	11	24	14	6	1	3.68	0.96
男子2年	4	14	4	3	0	3.76	0.88
男子3年	3	0	2	1	0	3.83	1.33
女子2年	4	8	8	0	1	3.67	0.97
女子3年	0	2	0	2	0	3.00	1.15

### 5.4 自由記述によるアンケート結果

アンケートでは, 今回のオブジェクト投影課題に対しての自由記述による感想を求めた. 今後参考になる意見を抜粋し, 表7にまとめた.

表7 学習者の感想 (抜粋)

「今回レゴブロックという現実即した媒体を用いるこ

とで, より具体的なイメージがつかめた気がする。」
「今まではプログラミング上で仮想のグループを扱うことでこれらの施行を学んできたが, 自身はどうもふわふわとした感覚でしか捉えていなかったことを実感した。」
「実際に外への反応を反映するとするレゴブロックを取り入れることで, 今まで学習してきた内容をそのまま当てはめてみるのができたと思う」
「LEGO®ブロックでの課題と, Human クラスの課題で, 特にイメージしやすかったという感じはありませんでした. ですが, 自分でフィールドやメソッドを考えるのが楽しかったです。」
「実物を電子世界に落とし込むという作業自体には面白みを感じた。」
「LEGO®ブロックによってデフォルメ化されたものを元のクラスとして扱うことによって, クラスというものがどういうものであるかを上手く理解することができた. また, そのクラスを模した LEGO®ブロックにメソッドやフィールド等のプログラムによってさまざまな機能を追加していくという授業の進め方も, その他の機能を理解する上でとても役に立った。」
「私はリンゴを選んで作ったのですが, 今までリンゴの要素についてそんなに深く考えたことがなかったのですが, 一つ一つのものがいろいろな要素をもっているのも面白かったです。」
「一般的な物事の考え方においてもそのものがどのような要素を含んでいるか考え分割していくことは今後生活していく中で重要なことだと思う」
「LEGO®ブロックを使ったからといって特に他の時と何かが変わったとは感じませんでした。」
「前半の授業で LEGO®ブロックの作品を作るときに何も考えずに組み立てていたので, クラスが考えにくかった。」
「Human クラスのほうが, 「歳と国籍と…あとは何が必要かな?」と想像を膨らませていくことができたため, 積極的にプログラムを書くことができた。」

### 5.5 アンケート結果の考察

設問1の興味におけるアンケート結果では, Human クラスに興味がある学生が多かった. 本科目は選択科目のためプログラミング自体に興味がある学生が多いからこのような結果になったと思われる. 設問2のイメージのしやすさについては, LEGO®を使った課題の方がイメージしやすい学生が多かった. 自由記述にも見られるように, LEGO®を通してクラスを考えることは比較的好意的な感想を持っている学生が多いことがわかった. 設問3では, 今回の試みで理解が深まったと答えた学生が多かったことがわかった. 学生は, 教科書の内容を理解し, プログラミングソースを

完成させる課題を繰り返していた。そこに今回の試みである LEGO<sup>®</sup>を使ったオブジェクト投影課題の実施はそれなりにオブジェクト指向プログラミングについて再考するいい機会になったと思われる。自由記述の内容から、今回の試みに対して好意的な感想を書いている学生が多かった。しかし、LEGO<sup>®</sup>をつかった意図が感じられなかったり、Human クラスの方が投影しやすかったという感想もあり、今回の試みを受け入れる学生とそうではない学生がいることもわかった。

## 6. まとめと今後の発展

今回の試みは、オブジェクト指向プログラミングをどのようにしたら理解を促すことが出来るか、一つの教育法の可能性を探ったものである。やったことは、あるオブジェクトに対してクラスに投影して、実際のプログラミングソースに落とし込むという一般的なオブジェクト指向プログラミング教育でも行われている作業である。しかし、このオブジェクトの対象が、現実世界のオブジェクトとして、触感などの現実感、自分の作品という親密感が高いものだったとき、少しでもオブジェクト指向プログラミングの理解する効果があるのではないか。つまり、書籍とプログラムソースの外に、たとえば、物作り感であったり、実装感ということが、オブジェクト指向プログラミングの教育効果を高める要素になるのではないか、その可能性を探った試みであった。

今回は、オブジェクト指向プログラミングの振り返るタイミングで LEGO<sup>®</sup>によるオブジェクト投影課題を行ったが、今後は、まさに最初のクラスを学習するタイミングで今回の試みを用いて、理解に役に立ったか調べてみたい。また、オブジェクト指向プログラミングの重要な要素である継承や、多相性などを LEGO<sup>®</sup>の作品制作したオブジェクトで体験できるような方法を考え、新たなオブジェクト指向プログラミングの教育方法を探っていきたい。また、アンケート評価に関して、同一学部の大学生群を対象としているので、同様なことが、他のオブジェクト指向プログラミング教育においても効果があるか検証したいと考えている。

## 参考文献

- 1) 柴田望洋: 明解Java入門編, ソフトバンククリエイティブ, (2007)
- 2) 立山秀利: Javaのオブジェクト指向が絶対にわかる本, 秀和システム, (2006)
- 3) 土肥紳一, 宮川治, 今野紀子: 初学者におけるオブジェクト指向プログラミングの難しさの分析と教授の工夫, 情報教育シンポジウム論文集, Vol. 2012, No. 4, pp.21-28, (2012.)
- 4) 水口充: Java 言語演習科目における対戦型ゲーム課題の設計と実践, 情報教育シンポジウム論文集, Vol. 2013, No. 2, pp.233-240(2013)
- 5) 伊藤一成, 新目真紀, 阿部和広: 世代や組織を超えた相互学習を促進するためのプログラミング導入教育の実践報告, 情報処理学会研究報告, コンピュータと教育, CE116, pp.1-7, (2012.)

6) Butterworth, David T: Teaching C/C++ programming with lego mindstorms. Proc. 3rd Int. Conf. on Robotics in Education (RiE 2012), Prague, Czech Republic. (2012.)

7) Processing ホームページ <http://processing.org>

8) 菊池誠: プログラミング, 何をどう教えているか: Processing によるプログラミング教育, 情報処理, Vol.52, No.2, pp 213-215 (2011)