

ものづくり体験を通じたプログラミング授業の設計と評価

吉田葵^{†1} 伊藤一成^{†1,2} 阿部和広^{†1}

青山学院大学では、2015 年前期（4 月から 8 月）に、社会情報学部 1 年次必修科目として「社会情報体験演習」を開講した。この授業科目の目的は、構築主義を背景としたフィジカル・コンピューティングを通して、プログラミングの知識や技術を身に付けるだけでなく、主体的に学ぶ姿勢を身につけることである。授業では「(教師は) 教えない」を合言葉とし主体的に学ぶことを促した。また、学生の興味を惹き、アイデアを引き出せるよう、センサーボードをはじめとした様々なアイテムを提示し、自らのアイデアを形にするという体験を提供した。本稿では、授業設計について報告するとともに、履修学生に対するアンケート結果及び成果物から、技術の習得及び学ぶことに対する意識の変容について考察する。

A Trial of Programming Class Design with “Making” Experience

AOI YOSHIDA^{†1} KAZUNARI ITO^{†1,2}
KAZUHIRO ABE^{†1}

School of Social Informatics, Aoyama Gakuin University offers a course titled “Hands-on Practice in Social Informatics.” This course was offered as a compulsory subject for freshmen in the first (April-August) semester in 2015. A major objective of this course is to teach basic study skills at the university level, such as programming skills and ability to learn proactively. For this purpose, we employed a method of learning by “making.” We prepared a slogan in learning proactively, “We (lecturers) do not give you (students) any instruction.” And then, we also prepared a lot of gadgets in stirring students’ imagination for creation and capture their hearts and mind, and then we offered “making” experience. This paper describes the class design, and we consider the change of students’ mind from the results of questionnaires and student’s final products.

1. はじめに

青山学院大学社会情報学部は、文理融合を掲げる学際系学部である。本学部では、1 年生を対象に「社会情報体験演習」という授業を必修科目として設定している。2015 年度の履修者は 237 名（再履修含む）である。「社会情報体験演習」では 4 つの分野（発想法とノートテイング、プログラミングと計測・制御、統計学と調査、社会科学的データ処理）を 3 週（全 6 時限）ずつ学び、全体を通して、「大学での学びの基礎技能を受講生自ら訓練しながら、社会情報学部卒業時における自らのイメージを明確にすること」を主要目的としている[1]。本稿では、4 つの分野のうち、「プログラミングと計測・制御」分野を対象とした授業について述べる。

フィジカル・コンピューティングとは、現実世界とコンピュータの仮想世界との間で、物理的・身体的な対話を行なう分野である。タンジブルであることはフィジカル・コンピューティングの利点であり、試行錯誤を繰り返しながら進めていくことに適している。また、オープンソース・ハードウェアである Arduino の登場、安価な工作機械の普及、近年のメイカーズムーブメントにより、ものづくりのハードルが下がり、誰でもものづくりを行うことができる環境となってきた。さらに、「世界最先端 IT 国家創造

宣言」[2]においても、「新しいモノづくり」について言及されていることから、今後ものづくりを通じたプログラミング教育実践が増えていくと考えられる[3]。

そこで、本稿では Seymour Papert による構築主義[4]を背景としたフィジカル・コンピューティングを通して、プログラミングの知識や技術を身に付けるだけでなく、主体的に学ぶ姿勢を身につけることを目的とした授業設計、及び評価について報告する。

2. ものづくりを意識した授業設計

2.1 方針

本授業設計の方針は以下の 3 点である。

1. 「教えない」ことによる自学自習・相互学習
2. アイデアを実現する体験の提供
3. 受講生の多様な興味への対応

2.2 「教えない」ことによる自学自習・相互学習

2012 年度から 2014 年度までの「社会情報体験演習」では、相互学習を促進するための取り組みを行ってきた[5]。その方針は継続し、よりものづくりにフォーカスした、主体的に他者やものづくりと関わり、試行錯誤しながら、知識を構築していく構築主義を背景とした授業設計を行なう。本授業では、「つくることで学ぶ」[6][7]、つまり、学生自らが作りたいものを、自身の手を動かし試行錯誤しながら作るという体験を通して、知識を身につけることを目指し

†1 青山学院大学 社会情報学部

School of Social Informatics, Aoyama Gakuin University

†2 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

た。教員が受講生に対し「教えない」と宣言することで、受講生に自学自習が必要であることを意識づけ、受講生からの質問には、極力「答え」を与えず「手がかり」のみを与えることで、主体的に授業に参加することを促す。

2.3 アイデアを実現する体験の提供

MIT Media Lab の初代所長、Nicholas Negroponte は「Demo or Die」を掲げており、現所長の伊藤穰一はそのスローガンは「Deploy or Die」へと更新されるべきだと言っている[8]。これは、デモとして動かして見せてみることから一歩進み、現実世界へプロトタイプを持ちだして、実際に使ってみながら改良を重ねていく、という意味である。本授業では、このスローガンを紹介し、自らのアイデアを実現することを意識づけた。

2.4 受講生の多様な興味への対応

受講生の興味の対象は一人ひとり異なる。興味を惹きつける可能性をできるだけ多く提供するとともに、多様なアイデアを引き出す手助けとなるよう、様々なアイテムを準備することを目指した。

また、学際系である本学部の新入生はプログラミング経験がない学生が多く、なにかを制作しようとした際、まずプログラミングでつまづくことが予想され、そのつまづきはプログラミング嫌いへとつながってしまう可能性がある。また、本授業の授業時間数は少なく、この問題は大きいと考える。

このことから、本授業では、文法エラーを気にする必要なく直感的に操作可能なブロックプログラミング環境から制御できるアイテムを提供した。

3. 実践概要

3.1 シラバス

実施科目は、2015 年度春学期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」の 2 時限続きの (90 分+15 分休憩+90 分) 授業である。

履修者数は 237 名 (再履修者含む) であり、57 名から 60 名の 4 グループに分けられている。3 週を 1 期とし、グループが入れ替わり、各期 60 名程度を対象に授業を実施する。

本授業は授業担当者 2 名に加え、SA (Student Assistant) として学部生 8 名が授業サポートを行なった。講義の概要を表 1 に示す。以下 3.2 節から 3.5 節までこのシラバスの時系列に沿って具体的内容を説明する。

表 1 講義概要

全 6 回	内容
1	1. Scratch の概要 2. Scratch プログラミングの基本 3. Scratch 基本課題
2	4. センサーボード (NanoBoardAG) 及び外付け Web カメラの紹介 5. センサーボードまたは外付け Web カメラを用いた Scratch プログラミング基本課題 6. マニュアル作成
3	7. マニュアル相互評価 8. センサーボードまたは外付け Web カメラを用いた個人作品の作成 9. マニュアル修正 (授業時間外) 10. マニュアルアンケートの実施
4~5	11. グループ作品制作 (基本 4 人一組、各期 14~15 グループ計 59 グループ)
6	12. 品評会 13. 授業アンケートの実施

3.2 プログラミングの基本

ビジュアルプログラミング環境 Scratch を利用して、プログラミングの基本を学ぶ。Scratch とは、MIT Media Lab の Lifelong Kindergarten Group が開発したビジュアルプログラミング環境である[9]。マウス操作でブロックを組み合わせてプログラミングを行う。文法エラーを気にすることなくプログラミングできることから、子供向けのプログラミングワークショップで広く使われている。

本授業では、「ネコ歩き」「ネコ逃げ」プログラムを作成することで、Scratch プログラミングでの基本動作を学んだ後、受講生自身のオリジナルな発想による Scratch 作品を作成するを通して、プログラミングの基本を学ぶ。

「ネコ歩き」とは、ネコが壁に反射して直線運動するアニメーションであり、反復処理を含むプログラムである。また、「ネコ逃げ」とは、「ネコ歩き」にマウスにより操作するネズミを追加し、ネズミがネコから逃げ続ける単純なミニゲームであり、条件分岐、複数オブジェクト、インタラクティブ性を含むプログラムである (図 1)。



図 1 Scratch プログラミングの基本プログラム
 左:「ネコ歩き」、右:「ネコ逃げ」で追加されるスクリプト

「2. Scratch プログラミングの基本」では、第1・2期と第3・4期で異なる方法により実施した。第1・2期では、教師が全体に向けて説明しながら、「ネコ逃げ」を作成し、本授業すべてを通して、唯一、教示的に実施した。第3・4期では、「ネコ歩き」の資料[10]を配布しての自学自習とした。ひととおりできたところで、「ネコ逃げ」プログラムを全体に提示する。

どちらの実施方法でも、「ネコ逃げ」作成後は、Scratch カード[11]、図書[12]、Web サイトを自由に参照しながら、オリジナル Scratch 作品を自由に作成した。

3.3 センサープログラミングとマニュアル制作

センサーボード NanoBoardAG または外付け Web カメラを利用したセンサープログラミングを学ぶ。受講生を半数ずつに分け、一方にはセンサーボード、もう一方には外付け Web カメラを追加アイテムとして提供した。

3.3.1 センサーボード NanoBoardAG

NanoBoardAG は MIT メディアラボが開発した Scratch 用センサーボード(PicoBoard)の上位互換機である[13]。この授業で求められる機能をもとに新村とも氏と共同で開発している。スライダ、ライトセンサー、サウンドセンサー、タッチセンサー(ボタン)、抵抗センサー入力端子(4系統)を有し、さらにモーター駆動用の IC や回転速度制御のための機構もボード上に備え付けられているため、直接モーターとボード上のモーター出力端子をジャンパーケーブルで接続するだけで制御可能になっている。NanoBoardAG の外観を図2に示す。

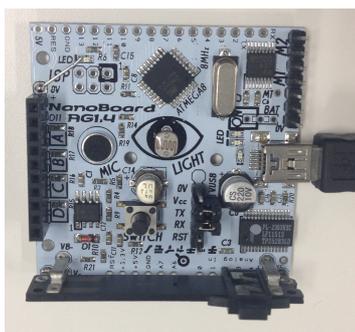


図2 NanoBoardAG 1.4

3.3.2 外付け Web カメラ

USB により PC と接続し、撮影した映像を PC に取り込むことができるカメラである。2013年に公開された Scratch バージョン 2.0 では、Web カメラからの映像を利用して、手や体の動きに反応する作品を制作することができる。

「4. センサーボード(NanoBoardAG)及び外付け Web カメラの紹介」では、追加するアイテムの名称、こういったこ

とができるか、「5. センサーボードまたは外付け Web カメラを用いた Scratch プログラミング基本課題」でのゴールを、受講生全体に対し簡単に紹介する。この課題では、「pong」という、バーをマウスで操作してボールを跳ね返すゲームを、追加アイテムを利用して操作するよう改良することとした。

「pong」プログラム改良後は、「6. センサーボードまたは外付け Web カメラの利用方法を含めた Scratch プログラミング基本課題についての解説マニュアル制作」として、まだ追加アイテムを利用していない他の受講生に、利用方法を含めて課題作成の手順を解説するマニュアルを制作する。マニュアルは、次の3条件を満たしたものとした。作成フォーマットは自由である。

- 条件 1. マニュアルを読んだ人が自分と同じ作品を作ることができること
- 条件 2. アイテムはなにをするためのもので、どのような作品を作ることができるかを含めること
- 条件 3. マニュアルを読んだ人に対し、オリジナル作品を制作するためのアイデアのヒントを含めること

「7. マニュアルの相互評価」では、作成者の氏名が伏せられたマニュアルのみを参照して、作品を制作する。制作過程において、不明な点や不足している点などをマニュアルに書き込み指摘する。評価するマニュアル及び制作する作品は、第1回の2時限目で利用したアイテムとは異なるアイテムを利用したものである。例えば、Web カメラを用いたマニュアルを作成した学生は、NanoBoardAG を用いたマニュアルを評価し、NanoBoardAG を利用した作品を制作する。制作後には、評価をうけたマニュアルは作成者に返却され、他学生によるフィードバックや他学生のマニュアルを評価した経験を元に、自身が作成した「9. マニュアル修正」を行なう。

3.4 グループ作品制作と使用ハードウェア

「10. グループ作品制作」は第2週の2時限目から第3週の1時限目まで合計2時限×90分の計180分を要して、4人1組になりグループで作品を制作する。グループは教員側であらかじめランダムに決定した。

グループ作品制作時には、テーマを設定し、テーマに基づいた作品を制作する。本授業で設定したテーマは以下の4つである。

- 第1期：夏をイメージした作品
- 第2期：10年後のキャンパスライフ
- 第3期：生活を便利にするもの
- 第4期：2020年の東京オリンピックを成功させるためのアイデア

まず、アイデアシート(図3)を用いながら、グループでアイデア出しを行う。次に、アイデアを実現するために必要なハードウェアを1つ以上選択する。選択後、アイデアシートに書き加えながら、制作する。

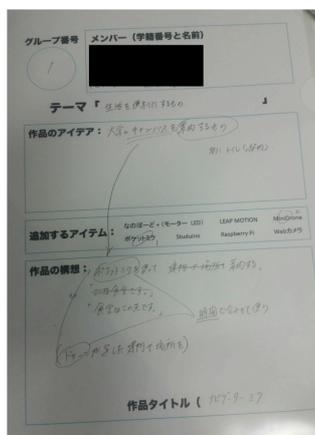


図3 アイデアシート例

2.4項で述べたように、本授業では様々なハードウェアを自由に利用できるようにした。使用したハードウェアを以下に挙げる。

3.4.1 Leap Motion

手と指の位置や動作を、赤外線カメラと赤外線LEDにより感知する、小型のジェスチャーセンサーである。2012年にLeap Motion社から発売されたa。両手の10本の指を同時に感知できることに加え、スワイプや円を描くなどの動作を感知することができる。USBによりPCと接続し利用する。

本授業では、Leap Motionが感知する手や指の位置座標を、ブリッジプログラムLeimを介し、Scratchから制御した。

3.4.2 ポケットミク

ポケットミクは、ヤマハが開発した音声合成LSI「NSX-1」を搭載し、スピーカやリボンコントローラ、MIDIインタフェースを備えたハードウェアNSX-39の商品名である。2014年4月に学研から発売されたb。スタイラスを利用して、ボーカロイド初音ミクの声を演奏できる。初音ミクとは、クリプトン・フューチャー・メディア株式会社が展開するバーチャル・シンガーであり、ヤマハの開発した音声合成システム「VOCALOID」に対応したボーカル音源のことであるc。

本授業では、スタイラスは利用せず、USBによりPCと接続しScratchでのMIDI出力を、NSX-39に変更することにより制御した。

3.4.3 マイコンボード Studuino

株式会社アーテックにより開発された、Arduinoをベースとして設計された制御基板であるd。様々なセンサー(明るさセンサーや音センサーなど)やアクチュエータ(サーボモータやLEDライトなど)を接続することができる。アーテックブロックと組み合わせることで、自律ロボットを制作することが可能である。センサーを制御するための環境として、動作やセンサーを表すアイコンを処理ボックスにドラッグ&ドロップで当てはめ並べることでプログラミングを行うアイコンプログラミング環境、Scratchをベースとしたブロックプログラミング環境、Auduino言語のライブラリが用意されている。

本授業では、ブロックプログラミング環境から制御した。

3.4.4 シングルボードコンピュータ Raspberry Pi

Raspberry Pi財団によって開発されたシングルボードコンピュータである[14]。小型で安価なものであり、電子工作に使われたり、子供たちへの自分専用のPCとして渡されたりしている。標準的なOSはDebianをベースとしたRaspbianであり、大学における情報教育において、コンピュータの仕組みの基本を学ぶ用途にも使われている。

本授業では、GPIO(汎用入出力端子)をScratchで制御するScratch GPIOeや、Raspberry PiにプリインストールされているMinecraftをScratchから制御するScratch2MCPIgを利用した。

3.4.5 Parrot MiniDrones Rolling Spider

Bluetoothを経由し、スマートフォンにより操縦できる小型のドローンであるh。2014年にParrot社から発売された。3軸ジャイロスコプや3軸加速度計などのセンサーにより安定飛行する他、空中回転などアクロバット飛行も可能である。また、搭載している垂直カメラにより飛行時の景色を撮影することができる。

本授業では、Scratchを参考に開発されたiPad上のブロックプログラミング環境である「Tickle」iから制御した。

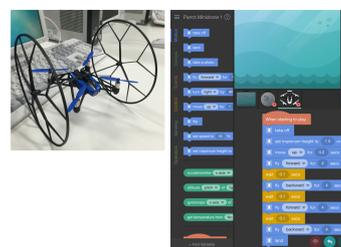


図4 Parrot MiniDrone Rolling Spider と Tickle の画面

d 株式会社アーテック Studuino, <http://www.artec-kk.co.jp/studuino-2>
 e Scratch GPIO <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/scratch/gpio/>
 f Mojang <https://minecraft.net/>
 g Scratch2MCPI <http://scratch2mcp.github.io/>
 h Parrot社 <http://www.parrot.com/jp/products/minidrones/>
 i Tickle Labs, Inc <https://tickleapp.com/>

a LeapMotion社 <https://www.leapmotion.com/>
 b 株式会社学研教育出版大人の科学マガジン <http://otonanokagaku.net/nsx39/>
 cクリプトン・フューチャー・メディア株式会社 <http://www.crypton.co.jp/>

3.4.6 その他

モーター、LED、ブレッドボードなど、NanoBoardAG や Raspberry Pi と接続するための道具を提供した。また、ポッチと呼ばれる突起を組み合わせてオブジェクトを作る LEGO®ブロックや、ポッチに加え、ブロック側面に空いた穴の部分にベグと呼ばれるコネクタを使用して連結できるブロック、歯車やバネなど様々なパーツがある LEGO®テクニックシリーズも使用し、作品の外観や動作部分を作成できるようにした。合わせて、キューブ状のブロックで、すべての面に開いた穴を用い、あらゆる方向にブロックをつないでいくことが可能な Artec ブロックも提供した。

3.5 品評会

学生が自由に各グループをまわり、個別で発表を行なう。品評会に先立ち、「作品紹介シート」を作成し、発表場所に置くか、または手で持って発表する。記載項目は以下のとおりである。

- ・グループ名
- ・グループメンバー
- ・作品タイトル
- ・作品紹介（操作方法、どういう作品か）
- ・利用したアイテム
- ・どういことができるか

「作品紹介シート」は、色画用紙に手書きで記述するか、PC で作成したポスターを印刷して掲示するように指示した。「作品紹介シート」の例を図5に示す。

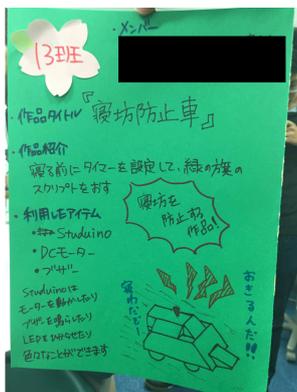


図5 作品紹介シート例

品評会は、Kickstarter[15]のような、アイデアの実現に対するファンディングを模して行なう。まず、グループ内で紹介担当と出資担当に分かれる。紹介担当とは、グループの持ち場で作品の紹介をする担当であり、出資担当とは、全グループの作品を見てまわって出資する担当のことをいう。用意された、仮想紙幣を使って出資したいグループに出資する。品評会は約1時間行い、前半終了の約30分後にグループ内で紹介担当と出資担当を交代させる、よってグ

ループ全員が自グループ作品を紹介・説明することになる。学生各人が仮想通貨である「NYAN札」を所持し、自分以外のグループのいずれかに投資し、最終的に最も多くお金を集めたグループを表彰する。仮想紙幣の裏面には、投資する理由を記述する欄を設けた。仮想紙幣の例を図6に示す。

第1・2期では、仮想紙幣ではなく、ポイントを設定した付箋を利用した。また、第3期と第4期では、所持金の設定が異なる。



図6 仮想紙幣 NYAN札（上：表面，下：裏面）

4. 実習全般の考察

本章では実習全般について、観察と、提出課題プログラムの定量的評価の両面から考察する。

4.1 プログラミングの基本

4.1.1 実習時の観察

「ネコ歩き」までは特にトラブルもなく進められる。オリジナル作品も順調に作りはじめ、「ネコ歩き」に出てくる以外のブロックも利用し始める。しかし、条件分岐 (Scratchでは「もし〜なら」ブロック) をプログラムに含む受講生がほとんどいない。センターモニターで、「ネコ逃げ」のプログラムを提示することで、使いはじめる学生が増える。Scratch カードや図書を4人に1組与えても、それを活用する受講生は少なかった。

4.1.2 Scratch プログラミング基本課題の分析と考察

Scrape[16]を利用し、提出プログラムにおけるブロックの使用状況を分析した。Scrape は Scratch1.4 で作成されたプログラム内で使用されているブロックの分析を行なうツールである。ブロックの種類ごとに使用回数を数え、可視化することができる。使用回数が多くなるにつれ、濃い色となる。図7は、「ネコ歩き」「ネコ逃げ」のブロック使用回数を可視化したものである。

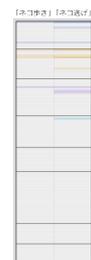


図7 各ブロックの使用回数
 (左：ネコ歩き，右：ネコ逃げ)

本実践での Scratch プログラミング基本課題の第 2, 3, 4 期全提出プログラム 162 件について分析した。(第 1 期では Scratch2.0 を利用したため本稿では除外する。) 162 件のうち、つながっているブロックがひとつもなかったプログラムが 3 件あり、それらを除いた 159 件についての分析を報告する。

プログラム中で使用されているブロックの数及び種類を表 2 と図 8 に示す。第 2 期と第 3,4 期では、3.2 に述べたとおり、実施方法に違いがあったが、提出プログラムにおける使用ブロック数・種類ともに有意差はなかった。また、「ネコ逃げ」で使用したブロック以外のブロックを使用していたプログラムは 159 件中 142 件あり、受講者自らが調べるなど試行錯誤し作品制作を行なった様子が伺える。

表 2 使用しているブロック数と種類

	提出件数	ブロック数		ブロックの種類	
		平均	SD	平均	SD
第 2 期	53	25.34	32.17	10.66	3.84
第 3 期	51	21.14	16.71	9.49	3.12
第 4 期	55	20.65	16.19	9.31	3.67
全体	159	22.37	22.87	9.82	3.59



図 8 提出プログラムのブロック使用状況

4.2 センサープログラムとマニュアル制作

4.2.1 実習時の観察

追加アイテムの取扱に困る学生が続出した。NanoBoardAG では、センサーの値を Scratch で取り扱えるようになり、バーをスライダーで操作できるようになって、端から端まで動かないということが多く見られた。それは、スライダーは 0 から 100 までに対し、Scratch の座標系は、-240 から 240 であるからである。スライダーの値に 2.4 をかけて、240 引くという数値演算が思い浮かばないことが見受けられた。

NanoBoardAG に比べて、Web カメラはさらに学生にとってわかりづらいようだった。理由としては、NanoBoardAG がスライダーという物理的に動かすことができるセンサーを利用するのに、Web カメラから得られる Scratch2.0 での「ビデオ」の値は、「モーション」「向き」と 2 種類あり、どのような動きでその値が変化するのが理解しづらいことがあげられる。また、NanoBoardAG ではスライダー

と画面内のバーの動きが一致する変更を課題としたのに対し、Web カメラでは画面内のバーを利用せず、手やカラダの動きでボールを跳ね返すように変更することを課題としたことも、わかりづらい原因になったと考えられる。Web カメラを利用して、手でバーを動かす改良は、もちろん不可能ではないが、与えた課題よりも難しく、苦戦している学生が多く見られた。また、「ネコ逃げ」で利用した Scratch 特有の「○色に触れた」という条件判定ブロックを用い、Web カメラを通して作品内に映り込んだ自分自身の手の肌色を条件にしたプログラムを作成した学生もいた。

4.2.2 マニュアル制作後のアンケートの結果と考察

マニュアル制作及び相互評価後に行なった、マニュアル制作に関するアンケートの結果と考察について報告する。アンケートの回答者は 186 名である。

マニュアル制作の観点に即した 3 つの設問に対する結果を図 9 に示す。アンケートの設問は以下のとおりである。

設問 1. マニュアルを書いたひとが作った作品と同じものは作れましたか？

設問 2. マニュアルには「そのアイテムを利用するとどんな作品を作ることができるか」が書かれていましたか？

設問 3. マニュアルには「他のひとがオリジナルの作品を制作する際のアイデアを生み出すためのヒント」は書かれていましたか？

設問 1 に対する回答は「作れた」「作れなかった」の 2 段階であり、設問 2, 3 に対する回答は「十分に書かれていた」「書かれていたが不十分だった」「書かれていなかった」の 3 段階である。

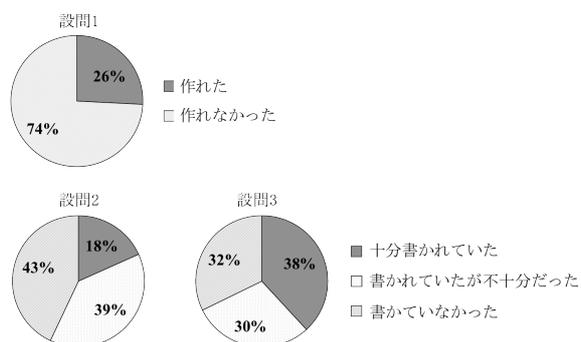


図 9 マニュアル制作後アンケート回答結果

また、「他のひとが作ったマニュアルを見て作品作りをした感想を自由に書いてください」と自由記述による感想も求めた。

「自分の書いたものがどれだけ要素の少ないものか思い知った」「自分の中では当たり前になっていることを 1

から説明するのは、どこがわからないだろう、わかりづらいだろう、と考えたつもりですが、他の人のマニュアルを見て、自分もきちんと書いていただろうかと不安に思いました」など、他の受講生が書いたマニュアルを読むことで、自分自身のマニュアルへの反省を挙げた学生が多かった。また、「ものを作るための行程を人に言葉で説明するのは難しいことなんだなと思いました」「やり方を全く知らない人の気持ちになって説明するのは難しい」など、得た知識を他の人に説明することの難しさを挙げた学生も多かった。一方で、「自分では考えつかないアイデアを思いついて驚いた」「自分が作ったものと比べものにならないくらいクオリティーが高く驚いた」など、マニュアル制作者のアイデアに対する感想も多く見られた。

4.3 グループ制作

4.3.1 制作物

全 59 チームの選択したアイテム一覧を図 10 に示す。追加アイテムには個数制限があるものがあり、必ずしも希望のアイテムを選択できるとは限らなかった。各期において、MiniDrone に人気が集まった。このように希望が重なり、個数制限により希望どおりに選択できない場合には、じゃんけんまたはスピーチにより決めた。また、第 1 期では 1 アイテムのみ選択可能だったのに対し、第 2 期以降では複数のアイテム選択を可能とした。Studuino を選択アイテムに導入したのは第 2 期以降である。

第1期	N	W	L	P	S	D	R	M
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
	6	0	3	3	0	2	1	6

第2期	N	W	L	P	S	D	R	M
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
	3	0	1	2	5	3	3	0

第3期	N	W	L	P	S	D	R	M
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
	2	2	1	3	10	3	0	0

第4期	N	W	L	P	S	D	R	M
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
	1	1	0	3	8	3	1	1

N : NanoBoardAG
 W : 外付けWebカメラ
 L : Leap Motion
 P : ホットミク
 S : Studuino
 D : Parrot MiniDrone
 R : Raspberry Pi
 M : モーター, LED

図 10 全グループの選択したアイテム一覧

全グループが、なんらかのアイテムを用いて、自身のアイデアを形にすることができた。グループ制作の作品例を 6 点紹介する。

図 11 は、第 3 期での、Studuino を用いた自動雑誌めくり機である。スイッチを押すと、DC モーターが回転し、接続したブロックへと回転を伝えることで、ページをめくる。

1 ページのみをめくるための回転の速さや、時間の調節に試行錯誤していた。



図 11 自動雑誌めくり機

図 12 は、第 4 期での、Studuino と Web カメラを用いたオートチェイサーである。赤外線フォトリフレクタを利用して、陸上選手に見立てたブロックを手動で動かすと Web カメラを載せた車が自動的に追尾する。Web カメラの映像は、リアルタイムで後ろのモニターに表示される。当初は Web カメラの値を元に Studuino を制御することを考えていたようだったが、Web カメラと Studuino を同一プログラム内で制御することが PC 教室の制約上できなかったため、赤外線フォトリフレクタを利用する方向へ転換していた。



図 12 オートチェイサー

図 13 は、第 2 期での、Leap Motion を用いた出席登録システムである。指を動かし、画面に表示される 3 箇所丸をなぞることによって、出席を登録する。



図 13 出席登録システム

図 14 は、第 1 期での、NanoBoardAG と LED を用いた線香花火である。ブレッドボードを使い配線された複数の LED をプログラムにより操作する。花火を表現するためには多くの LED が必要だったため、その配線方法にかなり苦戦していた様子が観察されたが、教員からのヒントにより

解決していた。

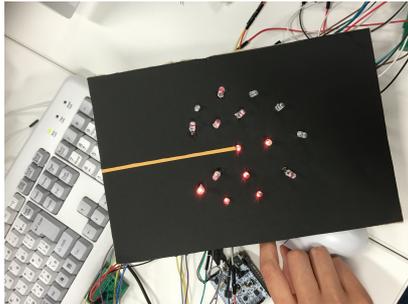


図 14 線香花火

図 15 は、第 4 期での、MiniDrone を用いた観戦中継ドローンである。ダンボールで作成したスタジアムの模型周辺をプログラムにより飛行させ、同じ飛行ルート上で撮影した画像を PC 上で表示する。MiniDrone を利用したグループは、「ただ飛ばすだけ」からの脱却に頭を悩ませていた。



図 15 魅せるスタジアム

図 16 は、第 4 期での、ポケットミク、Minecraft を用いたトイレ案内システムである。2 台の PC を使い、ポケットミクの音声案内と同時に、Minecraft での画面が動き、トイレまでの道順をたどる。ポケットミクを制御するプログラムは、一音一音の拍の長さ、音程、発音を指定する必要がある。楽曲のように音程が決まっているわけではない言葉を聞き取りやすく、楽しめる曲として発音させるために、作業時間の大半をかけていた。また、Minecraft との同期を取るために、制御プログラムには「キーが押されたとき」を利用していた。



図 16 ミク案内

4.3.2 プログラムの分析

59 グループ中 23 グループが選択した Studuino を用いた作品のプログラムについて、分析・考察を行なう。利用したセンサー・アクチュエーター、プログラム中で利用して

いるブロック数の一覧は図 17 のとおりである。

追加アイテム	センサー	アクチュエータ	動き	制御	調音	演奏	変数
1	赤外線×2	LED×2、DC×1	10	6	3	5	6
2	赤外線×1	DC×1	4	3	1	1	0
3	赤外線×1	DC×2	6	3	1	1	0
4	光×1	DC×1	3	5	1	1	0
5	赤外線×1	LED×1、プザー×2	6	4	2	2	0
6	赤外線×1、光×1	DC×2、LED×1	8	4	2	2	0
7	赤外線×1、音×1	DC×2	6	3	1	2	0
8	(タイマー)	DC×2	6	6	1	1	0
9	赤外線×2	サーボ×1、LED×2	9	5	6	9	0
10	赤外線×2	LED×2	6	7	4	4	0
11	赤外線×1、タッチ×1	サーボ×1、DC×1	8	7	2	2	0
12	赤外線×1	サーボ×1	4	5	1	1	0
13	赤外線×1、ボタン×4	プザー×1	6	17	5	8	0
14	赤外線×4	DC×2	6	4	4	7	0
15	赤外線×1	サーボ×1、LED×1、プザー×1	6	6	1	2	1
16	赤外線×1	DC×1	3	3	1	1	0
17 (scratch)	ボタン×2	プザー×1	3	9	3	3	0
18	赤外線×1	DC×1	3	5	1	1	0
19 NetBoardG	赤外線×1	LED×1	2	3	1	1	0
20 Webカメラ	赤外線×1	LED×1	3	6	1	1	0
21 ポケミク		DC×1、サーボ×1	4	4	0	0	0
22 ポケミク	音×1	サーボ×1	2	4	1	1	0
23 ポケミク	赤外線×1	LED×2	4	3	1	1	0

図 17 Studuino を選択した全 23 グループのセンサー数とプログラム中のブロック数

23 グループ中 22 グループが、センサーから得た値と閾値の大小関係を条件とした条件分岐を含むプログラムを作成していた。プログラム中で変数を利用したグループは 1 グループであった。利用したブロックの総数と教員 2 人による評点の平均値には、弱い正の相関が見られたものの ($r=0.30$)、各グループがアイデアを実現するために、複雑なプログラムが必ずしも必要であるとは限らないため、最終成果物のプログラムだけで、各学生が身につけた知識を評価することはできないと考える。

5. 授業実施後アンケートの結果と考察

本授業実施後に行なった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の通りである。これらの人数は、実際履修している学生数とは異なり、授業実施後のアンケートに回答した人数である。

表 3 アンケート回答者の属性

期	男	女	計
第 1 期	24	30	54
第 2 期	23	12	35
第 3 期	26	18	44
第 4 期	29	29	58
全体	102	89	191

5.2 学習効果に関するアンケート結果

授業実施後のアンケート調査では、授業に対する満足度「この体験演習型授業には、全体的に満足している」と授業後の継続的な学習意欲「プログラミングについてもっと学習したいと思うか」「もっとものづくりしたいと思うか」を調査した。回答は「4:とてもそう思う」「3:そう思う」「2:

そう思わない」「1:まったくそう思わない」の4段階尺度を用いた。結果を表7に示す。

満足度に関する設問の回答者1人あたりの平均は3.32と高い結果であった。また、各設問において、各期間及び男女間には有意差はなかった。

表4 授業満足度

	満足度		ものづくり 継続学習意欲		プログラミング 継続学習意欲	
	平均	SD	平均	SD	平均	SD
第1期	3.35	0.62	3.06	0.66	3.04	0.75
第2期	3.34	0.59	3.20	0.68	3.23	0.77
第3期	3.36	0.65	3.27	0.87	3.20	0.90
第4期	3.26	0.48	3.29	0.62	3.12	0.70
男	3.30	0.62	3.19	0.71	3.19	0.80
女	3.36	0.53	3.23	0.70	3.06	0.74
全体	3.32	0.58	3.20	0.71	3.14	0.78

5.3 学習コミュニティに関するアンケート結果

また、RovaiのClassroom CommunityScaleをもとに学習コミュニティに関する調査項目を作成した[17]。回答は「4:とてもそう思う」「3:まあそう思う」「2:そう思わない」「1:まったくそう思わない」の4段階尺度を用い、以下8設問を実施した。回答の平均と標準偏差を示したのが表8である。

設問1. 体験演習型(本授業)の授業では講義型(他の授業)の授業より、クラスのメンバが互いの立場を尊重していると感じた

設問2. 体験演習型の授業では講義型の授業より、クラスのメンバとのつながりを感じた

設問3. 体験演習型の授業では講義型の授業より、クラスのメンバの心意気を感じた

設問4. 体験演習型の授業では講義型の授業より、クラスのメンバに対して親しみを感じた

設問5. 体験演習型の授業では講義型の授業より、他のメンバが自身をサポートしてくれるという確信がもてた

設問6. グループの話し合いで他者の意見を聞いて、自分の意見を考え直すことがあった

設問7. グループの話し合いでは、他者の考えと自分の考えを比べながら聞いた

設問8. グループで話し合いをすることによって、自分の考えがまとまることがあった

設問7における男女間の認識に有意差な差が見られた($p<0.01$)

表5 学習コミュニティに関する認識

	問1	問2	問3	問4	問5	問6	問7	問8
平均	3.51	3.60	3.43	3.57	3.47	3.42	3.44	3.41
SD	0.52	0.51	0.61	0.55	0.62	0.59	0.59	0.62
男	3.52	3.58	3.43	3.55	3.46	3.38	3.32	3.37
女	3.51	3.61	3.45	3.60	3.48	3.48	3.59	3.46

5.4 自由記述によるアンケート結果

アンケートでは、今回の体験型演習に関して自由記述による感想も求めた。質問は、「他のグループの作品をみての感想を自由にお書きください」、「教えない」ということに対してどう思いましたか?、「作品の相互評価を行って気が付いた点があれば記述して下さい」、「この授業に関するご意見、ご要望をお聞かせ下さい」の4項目である。このうち、教えないことに対する感想と授業全体に対する感想の、自由記述のアンケート結果について述べる。

5.4.1 「教えない」ということに対する感想

「教えない」ことを最初は教えてくれてもいいのに。とか思っていたけれど、だんだんと作業を進めていくうちに、自力で答えを探しだそうとすることに夢中になり、自分なりの答えが見つかったときの喜びが大きかったので、教えられずに自分で考えることは楽しいことだと思いました」など、最初は教員からの宣言に戸惑いを感じていたようだが、最終的には、概ね好意的に受け止められていることが感想から伺えた。

また、「自ら調べるといふのには驚いたが、とても勉強になったし、授業に対して主体的に臨むことができた」「自分たちだけでやろうとしてできないときに、できないもどかしさを感じているからか、アドバイスなどを積極的な姿勢を持って聞けたと思う」「本来の学びを感じることができたのかなと思った。自分は実際に普段より積極的に取り組むことができた」「自分でどうにかしなければいけないという気持ちになり、成長につながった」「自力で解決につなげる力や、グループ内の話し合いが活発になり、正しい答えかどうかよりも、全員でまとめた、答えが出たことがよかった」など、感想に「主体的」「自主的」「積極的」など、主体性を表現する言葉が多く出現し、授業設計方針であった主体的な授業参加の効果が認められた。また、感想の中で、最も使われていた言葉は「自分」「考え(る)」であり、多くの学生が、教員から教えられないことにより、自分自身で考えたと感じたことがわかった。

さらに、「教えてもらわず、自分で探すことで見つけた解決法は、絶対に忘れないので、ずっと使える力になりました」「進行が止まることがありましたが、結果スキルが身についた」など、技術面のスキル獲得について触れた学生も少数ではあるがいた。

一方で、「自分たちがしっかりと物事を考えることができ

たが、基本の部分をもう少し詳しく教えてほしかった」「まったくわからなすぎて精神的に辛い時があったり、投げやりになることもあったが、最終的にできたときは達成感があったので良かったです。しかし、教えなすぎるとやる気がなくなってしまうので、少し教えていただけると有難いです」「まったくわからないのに教えてもらえなかったのはとてもつらかったです」「教えない、というキーワードのせいで質問がしにくかった」など、否定的な感想もみられた。「答え」ではなく、どのような「手がかり」を与えるべきかについては、その都度見極める能力が必要であり、改善すべき点であると考えます。

5.4.2 授業全体を通しての感想

「初めてのプログラミングでしかも自分はパソコンなどがあまり得意ではないのにも関わらず、思っていたよりもプログラミングをすることができたのでよかった」「プログラミングの楽しさとモノという創造力が総合的に学べたので、これからも積極的に参加していきたい」など、プログラミングに対して好意的な印象を持った学生もいたが、「プログラミングは思ったよりむずかしいです」という学生もいた。

また、「いろんな機材がつかえて嬉しかったです」「いろいろな器具を知ることができて、もっと違う道具も使ってプログラミングを学習したい」「ほかのものも使ってもっと高度なものも作れたらと感じました」など、自身が利用したアイテムだけでなく、他のアイテムへの興味もつながっているようだった。様々なアイテムを準備したことによる効果が伺えた。

「時間に余裕が無かったのは残念だった。プログラムのいろいろな可能性を、可能であるなら、のびのびと試しながら作りたかった」など、時間数の少なさを述べている学生も多かった。「もう少し高いレベルまで使えるようになりたい!!」と今後への期待を述べている学生もいる。現在、本学部では横断型のプログラミング授業設計に取り組んでおり[18]、本授業で身につけた学びの姿勢やプログラミングに対する興味やスキルを継続して持ち続けられるよう、授業設計を進めていく予定である。

6. まとめと今後の課題

本稿では、学際系学部におけるプログラミング授業設計として、ものづくり体験に着目したプログラミング授業設計を行なった。「教えない」と宣言することにより主体的な学びを意識づけるとともに、アイデアを実現する体験の提供や、受講生の興味を惹くようなアイテムの提供など工夫を施した。授業終了後のアンケート回答から授業設計の意義はある程度認められ、学生は自らのアイデアを実現することができた。一方で、学生の獲得したプログラミングの知識については、提出プログラムのみからは評価できない

ことがわかった。

今回の授業で、改善すべき点も発見された。それらの点をふまえて次年度以降の授業設計に反映させる予定である。

謝辞 NanoBoardAG の開発者である新村とも様に深く御礼を申し上げます。授業の運営をサポートしてくれた SA 諸氏、竹中章勝先生に感謝いたします。

参考文献

- 1) 青山学院大学シラバス, <http://syllabus.aoyama.ac.jp/>
- 2) 世界最先端 IT 国家創造宣言, <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20150630/siryou1.pdf>
- 3) 吉田葵, 来住伸子, 阿部和広, 大学における授業科目「小中高におけるコンピュータ教育」実践報告, 情報処理学会研究報告, コンピュータと教育, CE129, pp.1-8(2015).
- 4) シーモア・パパート(著), 奥村貴世子(訳), マインドストーム 子供, コンピューター, そして強力なアイデア, 未来社 (1982).
- 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) Sylvia Libow Martinez, Invent To Learn: Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom, Lightning Source Inc. (2012).
- 7) Sylvia Libow Martinez (著), Gary Stager (著), 阿部和広(監修), 酒匂寛(翻訳), 作ることで学ぶ - Maker を育てる新しい教育のメソッド, オライリージャパン(2015).
- 8) 伊藤穰一, What to innovate? Become a “now-ist”, http://www.ted.com/talks/joi_ito_want_to_innovate_become_a_now_ist
- 9) The Lifelong Kindergarten Group at the MIT Media Lab, Scratch, <http://scratch.mit.edu/>
- 10) 阿部和広, 小学生からはじめるわくわくプログラミング, 日経 BP 社(2013).
- 11) Scratch カード, <https://scratch.mit.edu/info/cards/>
- 12) 杉浦学 (著), 阿部和広 (監修), Scratch ではじめよう! プログラミング入門, 日経 BP 社(2015).
- 13) Kazuhiro Abe, Tomo Niimura, Koji Yokokawa, Kazunari Ito, Daisuke Kuramoto, NanoBoardAG: An Inexpensive Sensor Board Compatible with PicoBoard and WeDo, Scratch@MIT (2012)
- 14) Eben Upton, Gareth Halfacree, Raspberry Pi ユーザーズガイド, インプレスジャパン (2013).
- 15) Kickstarter, <https://www.kickstarter.com/>
- 16) Scrape Team, Scrape, <http://happyanalyzing.com/downloads/>
- 17) Rovai, A. P., Development of an instrument to measure classroom community, Internet and Higher Education, Vol. 5, pp.197-211 (2002).
- 18) 伊藤一成, 吉田葵, 安彦智史, 竹中章勝, 中鉢直宏, 過去体験を重視した横断型プログラミング授業の設計と評価, 情報処理学会研究報告, コンピュータと教育, CE134, pp.1-13 (2016).