

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

伊藤一成^{†1,†3} 阿部和広^{†2} 新目真紀^{†3}

青山学院大学社会情報学部では、大学1年生を対象としたプログラミング導入教育を行っている。大学の情報科目は、他の科目に比べ学生のバックグラウンドの個人差が大きい。この問題を解決するため相互学習に着目した。相互学習を行うためには、異なるバックグラウンドの学生の発想を引き出すことが重要になる。また学習者が出来るだけ早い段階で、世代や組織の枠を超えた他の学習者に対する教授者になれるような仕組みを構築するのが重要と考えている。本稿では、Scratch、センサーボード、LEGOを組み合わせた本学部の実践について報告する。

A Practical Report of an Introductory Programming Course to Enhance Social Learning Beyond Generations and Organizations

KAZUNARI ITO^{†1,†3} KAZUHIRO ABE^{†2} MAKI ARAME^{†3}

Faculty of social informatics of Aoyama Gakuin University has been conducted an introductory programming course. Subjects in information area, a difference in student background is large compared to other subjects. We pay attention to social learning to solve this problem. To perform social learning in the class, it is important to pull an idea of students who have a different background. And it is also important to establish a mechanism that a learner also act as a teacher for other learners as early as possible. This paper reports our practice that combines Scratch, sensor board and LEGO to tackle these problems as mentioned.

1. はじめに

高等教育機関で情報科目を実施する場合、学生のバックグラウンドが他の科目に比べ大きく異なる。高校までの情報科目で履修した内容の違いや、プログラミング言語の経験の有無によって習熟度の個人差が大きい。そのため、授業でプログラミング言語に依存した演習のみを実施すると途中でドロップアウトしたり、全く理解できないまま修了したりする状況が頻繁に起きている。平成24年8月中央教育審議会が取りまとめた答申でも「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて」[1]の中で、学生の主体的な学修を促進する上で相互学習の必要性が謳われている。相互学習の実施は、受け身の学びから主体的な学びへの変換を促進するものとして期待される。学習者が極力早い段階で、世代や組織の枠を超えて他の学習者に対する教授者になれるような仕組みを構築するのが重要と考えている。

平成24年度より中学校の技術家庭科で計測や制御を伴うプログラミングが必修化された。これまで様々な取り組みが報告されてきたが、なお一層の整備が急がれる[2][3]。授業の遂行に必要な教員のスキル、教材自体の金銭的、時間的製作コストなど多くの懸念事項があり、初中等教育でも導入容易なカリキュラムの発案とその普及が重要である。

その際、大学教員のみならず学生など大学関係者が積極的に参画できるのが望ましいだろう。そこで本学部で“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”をテーマに実践し、カリキュラム開発を行うと同時に授業自体や相互学習の点から評価を行ったので報告する。

2. 利用するソフトウェアおよびハードウェア

本実践で利用したソフトウェアおよびハードウェアは以下の3点である。それぞれについて概要及び導入の理由を示す。

(1) Scratch (2) センサーボード (3) LEGO®ブロック

2.1 プログラミング言語環境 Scratch

Scratch は MIT Media Lab で開発が進められているビジュアルプログラミング環境である[4]。処理に相当するプロ

^{†1} 青山学院大学 社会情報学部
School of Social Informatics, Aoyama Gakuin University

^{†2} 津田塾大学
Tsuda College

^{†3} 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

ックをつなぎ合わせてプログラムを作成するのが特徴で、強力なマルチメディア機能により多彩なコンテンツが簡単に作成できる。図1にScratchのスクリーンショットを示す。2009年度前期中にテキスト入力をサポートしたことにより、対話的なテキスト入出力処理に相当する初歩的な課題用プログラムの作成が可能になった。

そこで2009年後期の授業から試験的にScratchを導入した教育をはじめている[5]。非理系学部でのプログラミング導入教育に、Scratchを用いるところが増えてきており、取組も報告されている[6]。この報告では、座標系の認識、繰り返し処理、キー入力判別、条件分岐、メッセージパッシング、変数の理解度調査を行っている。変数は理解度が十分でないということであったが、それ以外の項目はすべて、限られた授業時間内で概ね理解されていたという報告がなされている。また、森らはScratchを用いた小学校プログラミング授業の実践の中で、26時間の授業を通じて、画面上でスプライトを動かすなどの制御や繰り返し命令を含めた作品を作成でき、さらに条件分岐やキー入力の判別処理も8割を超える児童ができたと報告している[7]。そもそも単元学習がなくとも直感的にプログラミングが行えるのがScratchの設計指針であり、ユーザも小中学生中心に幅広い年代がまたインターネット上で共有し、作品に関するコミュニケーションサイトも用意されている[8]。以上より、世代を超えた相互学習を考えた学習プログラムを考案する上で非常に適していると判断した。

- スライダー：スライダーの位置に応じて0～100の数値を取得
- ライトセンサー：周囲の明るさに応じて0～100の数値を取得
- サウンドセンサー：周囲のうるささに応じて、0～100の数値を取得
- タッチセンサー（ボタン）：ボタンが押されているかどうかを取得
- 抵抗センサー入力端子(4系統)：傾きセンサーやスイッチなど電気抵抗を調べるセンサーを接続、その抵抗値に応じて0～100までの数値を取得

さらに、Scratchからセンサーボード経由でモーターを直接制御できるように拡張されたNanoBoard AG[10][11]がリリースされている。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。通常、ブレッドボード上にモーター制御のための回路を自ら構築しなければならず、限られた時間で学生が実習を遂行する上でつまづきやモチベーション低下の要因になると考えたためである。図2にNanoBoard AGのスクリーンショットを示す。約5センチ四方の基板にセンサー群や制御機構が組み入れられている。



図1 Scratchのスクリーンショット

2.2 センサーボード NanoBoard AG

センサー情報を取得するためのセンサーボードは、いくつかの選択肢の中から、NanoBoardを採用した。NanoBoardはMITメディアラボが開発したScratch用センサーボード(PicoBoard)の互換機である。現在も改良が続けられており、汎用マイコンボードであるArduino[9]と互換性があるのが大きな特徴である。

NanoBoardは、PCのUSBポートに接続することで、以下のセンサー値を取得し、Scratch上から利用可能である。

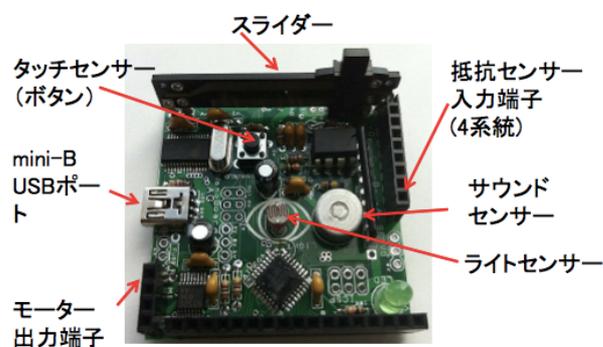


図2 センサーボード NanoBoard AG

2.3 LEGO®の利用

モーターを動力源にして動作させる物体は、LEGO®テクニクシリーズのブロック群が書籍で頒布されている、LEGO® Crazy Action Contraptions (ISBN 978-1-59174-341-5)を用いることとした。通常のレゴブロックでは、ポッチと呼ばれる突起を組み合わせるオブジェクトを作っていくが、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させていく。この製品自体、手回しやゴムを動力とすることを前提としているが、ギヤやタイヤも同梱されているため、2.2章で説明したモーターを動力源として動きのある

作品を作成できる。また LEGO® Crazy Action Contraptions を採用した理由として、第一にブロック連結の自由度が高く、我々が予想しないような作品が期待される。第二に、幼少期に LEGO®に慣れ親しんでいる受講生が一定数いることである。第三に、グループワークの際にプログラミングが苦手であっても、ものづくりの観点からでもグループに参加できるようにするためである。amazonにて1500円程度で売られており(2012年9月現在)、その価格や入手の容易さも選定の要因になっている。

3. 実践概要

3.1 対象学生およびシラバス

2012年度より青山学院大学社会情報学部1年生の必修科目として新設された「社会情報体験演習」でシラバスを策定した。2章に記載した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ものづくりの楽しさを体得するのが授業目的となっている。1年生全員を4グループに分けて、今回の実践の他に、発想支援法、統計処理、時系列解析を含めた合計4種の演習を、グループごとの順番を変えて履修する形式である。そのため週2コマ連続(180分)×3週の6コマで完結するように策定する必要があった。表1にシラバスを示す。

表1 シラバス

時間目	内容
1時間目	1. Scratchの概要 2. Scratchプログラミングの基本 3. Scratchコミュニティサイトの紹介とアカウント作成
2時間目	1. センサーボード、モーター等の配布物一式の説明 2. センサーボードを用いたScratchプログラミング
3時間目	1. Scratchによるモーターの制御 2. ScratchによるLEDの制御 3. LEGO®ブロックを用いた4足歩行ロボットの作成(2人一組)
4, 5時間目	1. グループ作品作成(基本4人一組, 16グループ)
6時間目	1. 品評会 2. 応用事例やScratchを使ったワークショップなどの対外活動の紹介 3. 授業アンケートの実施

Scratch自体の解説は1時限分(90分)の講義/演習で十分であるという知見を既に前年度までの授業実践の中で得たので、2時間目はセンサーボードを使ったプログラミン

グに時間を割り当てた。授業では、今回の演習に最低限必要なセンサーボード、モーター、USBケーブルに加え、LED、抵抗、傾きセンサー、ジャンパーワイヤセットを、自宅などで発展的に学習や活用したい学生と想定して、貸与ではなく各学生に配布している。配布物一式を図2に示す。NanoBoard AG自体が、市場で一般的に出回っている他のセンサーボードやそれを含むパッケージに比べ廉価であるため、配布が実現できた。

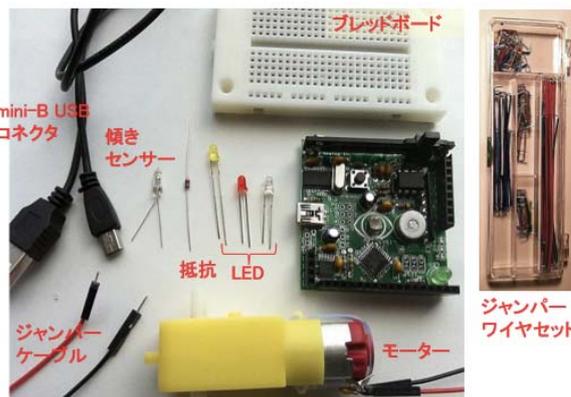


図2 学生への配布物一式

Scratchは標準のイメージファイルでセンサー群の制御が可能になっているが、モーター制御の部分は独自拡張なので、カスタマイズしたイメージファイルを利用している。この際、標準イメージファイルと同一のモーター制御用ブロックを用いているためモーター制御に関連するブロックが5種類自動的に追加されるが、プログラム作成プロセスに変更は一切ない。プログラム例を図3に示す。よって、センサーやモーターの計測や制御の仕組み自体に時間をかけることができる。ちなみにこのプログラムでは、センサーボード上の光(明るさ)センサーの値を読み取りその値に応じてモーターの運転と停止を制御する。



図3 センサーの値とモーター制御を組み合わせたプログラム例

3時間目にモーターの制御まで講義した後、早速全受講

者に作例として、スライダの値によって速度可変で、前進、後退できる4足歩行ロボットを作成してもらう。図4に作成したロボットを示す。LEGO®に慣れ親しんでいない受講生もいるので、図5に示すような手順書も提示し、それによって作成していく。

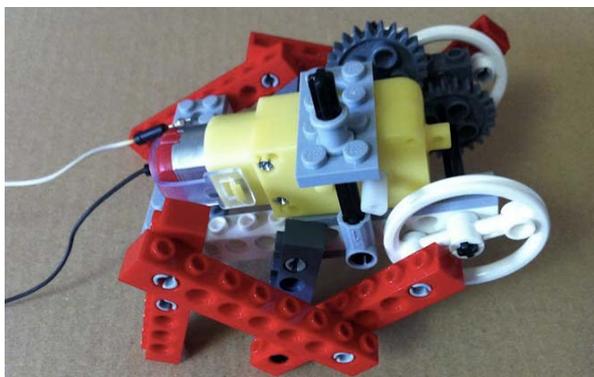


図4 3時間目で作成する四足歩行ロボット

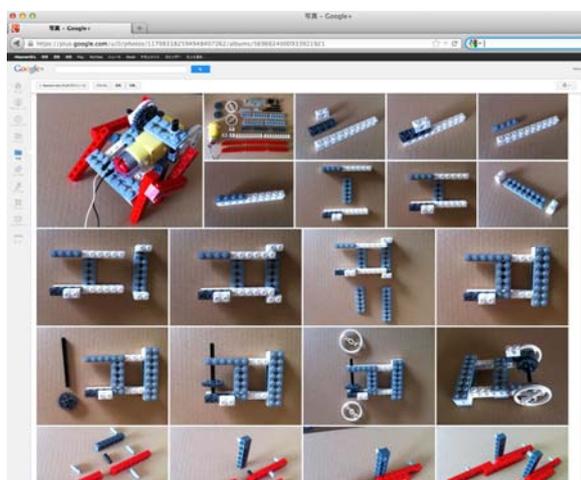


図5 作り方手順 Web ページ

他に、車、二足歩行ロボット、口が開閉するワニの作り方手順も Web 上に公開しており、四足歩行ロボットが早く完成してしまったグループは、他の作例を作れるようになっている。また、同じ四足歩行ロボットでも、適用するプログラムを変更することで、異なる挙動になることを体感してもらう。

四足歩行ロボットが完成したら、それをケータイやスマートフォンの写真に撮って授業用のメールアドレス宛に送らせる。課題をしっかりと作成しているかをチェックするというよりは、作品を完成させたときの達成感や後日の振り返りを期待している。4,5 時間目に 4 人グループで自由課題作品を作成するが、その際も同様の趣旨で写真やビデオを各自の端末で撮影するように指導している。第 4,5 時間目の 4 人一組でのグループ作品作成では、学生の自由な発想に基づく独創的な作品が多く作成された。

第 6 時間目の品評会では、前半後半の二部に分け、自グループ作品のプレゼンテーションと他 15 グループの作品

を回覧し、気に入った 3 グループにコメントを書いた付箋紙を貼付ける行為の両方を行う。最終的に付箋紙の多かったグループを表彰する。品評会の様子を図 6 に示す。

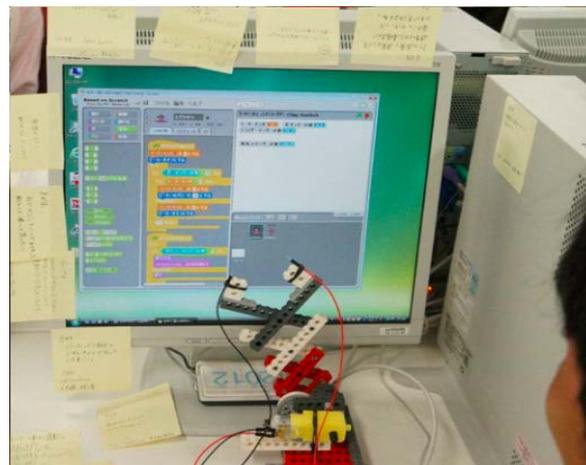


図6 品評会の様子

4. アンケート結果, 考察

3 章の実践に関して、特に相互学習の観点からアンケート及び考察を行った。

4.1 アンケート回答者属性

対象科目の受講者は全 242 名で男性 145 名, 女性 97 名であった。高校時の専攻を文系コース, 理系コース, どちらでもないで調査した結果, 文系コース専攻だった学生 153 名と最も多く, 次いで理系コース 66 名, どちらでもない 23 名となった。各回の内訳を表したのが表 2 である。全体の男女比は約 3 : 2 であり, 高校時の専攻は文系 : 理系 : どちらでもない, の割合が約 7 : 3 : 1 である。各回の構成比について χ^2 検定を実施した結果, 構成比に有意差がないことから, ほぼ同じ構成比で実施したといえる。

表 2 実施回別の学生の属性

	人数	男女	高校時の専攻区分
第 1 グループ	62 名	37 名 25 名	文系コース 38 名 理系コース 18 名 どちらでもない 6 名
第 2 グループ	60 名	39 名 21 名	文系コース 41 名 理系コース 15 名 どちらでもない 4 名
第 3 グループ	61 名	34 名 27 名	文系コース 38 名 理系コース 15 名 どちらでもない 8 名
第 4 グループ	59 名	35 名 24 名	文系コース 36 名 理系コース 18 名 どちらでもない 5 名

4.2 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」を調査した。回答は「4:とても思う」「3:まあ思う」「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。調査の結果、満足度に関する設問の回答者1人あたりの平均は3.26 標準偏差0.74と高い結果であった。各グループの回答の分散を確認しt検定を実施した結果、統計的な有意差は認められなかった。これより全グループの学習が一定水準を達成したと考えられる。

表3 各グループの授業満足度

	満足度		継続学習意欲	
	平均	SD	平均	SD
第1グループ	3.2	0.80	3.1 ^{*1}	0.76
第2グループ	3.3	0.77	3.0	0.93
第3グループ	3.4	0.71	3.0	0.97
第4グループ	3.3	0.64	2.7 ^{*1}	0.63
t 値	有意差なし		^{*1} 2.74	p=0.007

N=1 人あたりの平均

授業後の継続的な学習意欲については、1人あたりの平均が2.95で標準偏差が0.88と満足度に比べて少し低い結果となった。各グループについて分散が異なるとしてt検定を実施した結果、最も平均が高いグループと低いグループには統計的に有意な差が見られたが、その他のグループ間には差が見られなかった。

持続的なプログラミング学習意欲が高い群と低い群の2群に分けて受講生の属性を比較したのが表5である。継続的な学習意欲は、男子学生及び理系学生の割合が他の属性より若干高い。これは経験的にも納得がいく結果である。

表5 持続的な学習意欲をもとにした属性比較

	人数	性別		文系 理系 その他
		男子 割合	女子 割合	
肯定群	173名	73%	68%	71% 77% 65%
否定群	66名	25%	31%	28% 23% 35%

N=242 有効回答者数=238

表6は4種類の演習課題がプログラム理解に寄与したかの認識を調査した結果である。肯定的な認識が多数を占めるが、LEGO®と相互評価については他の演習課題より評価が低めになっていることがわかる。

表6 演習課題別有効度の認識割合

		スクラッチ	センサ	LEGO®	相互学習
		全体	肯定数	213名	209名
	割合	89%	87%	73%	69%
第1	肯定数	55名	53名	46名	47名
	割合	89%	85%	74%	76%
第2	肯定数	52名	53名	40名	38名
	割合	87%	88%	68%	63%
第3	肯定数	54名	50名	47名	38名
	割合	89%	82%	77%	63%
第4	肯定数	52名	53名	42名	41名
	割合	91%	93%	74%	75%

N=242 有効回答者数=238

相互学習を肯定的に評価した群（4段階尺度で4または3と回答）と否定的に評価した群（4段階尺度で2または1と回答）の継続学習意欲の平均についてt検定を実施した結果が表7である。肯定群の平均が統計的に有意に高い結果となった。相互学習が有効に実施できている群のプログラミング言語への継続的な学習意欲が高いのは、先行研究の知見とも一致するものである。

表7 相互学習の認識と継続学習

	否定群	肯定群
回答者数	68名	164名
平均	2.78	3.02
t 値	-2.04 p=0.043	

N=242 有効回答者数=232

4.3 学習コミュニティに関するアンケート結果

学習コミュニティに関する調査はRovaiのClassroom CommunityScaleをもとに作成した[12]。回答は「4:とても思う」「3:まあ思う」「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。各グループの回答の平均と標準偏差を示したのが表8である。

- 設問 1. 体験演習型の授業では講義型の授業より、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

表 8 学習コミュニティに関する認識

	グループ 1		グループ 2		グループ 3		グループ 4	
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD
設問 1	3.4	0.8	3.5	0.7	3.4	0.8	3.4	0.7
設問 2	3.6	0.7	3.5	0.8	3.6	0.7	3.4	0.7
設問 3	3.6	0.6	3.6	0.6	3.4	0.7	3.3	0.7
設問 4	3.6	0.7	3.5	0.8	3.6	0.7	3.5	0.7
設問 5	3.4	0.7	3.4	0.8	3.4	0.7	3.4	0.7
設問 6	3.3	0.7	3.1	0.7	3.3	0.8	3.2	0.7
設問 7	3.3	0.8	3.1	0.7	3.4	0.7	3.3	0.7
設問 8	3.2	0.8	3.2	0.7	3.2	0.8	3.1	0.7
平均	3.4		3.4		3.4		3.3	

N=1 人あたりの平均

各グループとも 8 割以上が肯定的な回答をしていることから、本授業の学習コミュニティは連帯感を醸成できており学習環境デザインが成功しているといえる。

相互学習を肯定的に評価した群と否定的に評価した群の学習コミュニティへの認識を比較したのが表 9 である。肯定群の学習コミュニティに関する評価は平均近くに集約されているのに比べ、否定群の認識はより多様であることが推察される。平均について t 検定を実施した結果、肯定群の平均が統計的に有意に高い結果となった。

Rovai の先行研究の知見から、認知的存在感の高まりがコミュニティの連帯感と相関があることを示唆している。相互学習を肯定的に評価している群は、否定的に評価した群より演習課題によって認知的存在感が高まっていた可能性がある。

表 9 肯定群と否定群の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
肯定	3.6	3.7	3.6	3.7	3.5	3.3	3.4	3.3
SD	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.7	0.6	0.7
否定	3.1	3.2	3.2	3.1	3.1	3.0	2.9	2.8
SD	0.9	0.9	0.7	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8

N=1 人あたりの平均

4.4 結果の考察

プログラミング学習に相互学習を組み込む場合に有効な支援方法を授業実践結果から検証した。本研究では、プログラミング体験学習に相互評価を組み込む上で、言語に依存した演習以外にセンサーボードやレゴといった外部デバイスを用いた演習を実施し、多様な発想を引き出すことが、メタ認知の支援に有効である仮定し、有効な演習課題をコンジョイント分析法で検証した。検証の結果、相互学習が有効に実施できたと考える群の継続学習意欲が高く、これらの群が特に LEGO®を用いた演習の効用評価していることが明らかになった。実際に授業に参加した学生からは、「LEGO®とプログラミングが結びつくとは思わなかったのでもって意欲を持って学べた」「正直プログラミングとかまったく興味が無いので、1 回目の授業は苦痛でした。でも 2 回目からはレゴが登場して、やる気があがりました」「プログラミングや LEGO®がそんなに複雑じゃなくても発想によっては高い評価が得られるとわかった」といった意見も上がり、これは仮説を肯定する結果と考えられる。

5. 今後の発展

主に 2 点あげられる。第一は、プログラミングやものづくり教育を通じて世代を超えた技能や知識の伝承や、社会貢献にも学生が主体的に関与できる機会を創出することである。このカリキュラムをベースにした子供向けワークショップを設計し開催した場合、参加者（の親）が教材を購入でき、事後も継続的に学習できるように極力廉価な教育プログラムを用意することが普及のための最重要事項と考えてきた。LEGO®ブロックを用いてハードウェア制御を学べる製品に LEGO® Mindstorm があるが、価格的に個人で購入することは難しい。すでに本学部学生が、今回のカリキュラムをベースに何度かワークショップを開催しているが、その際、NanoBoard AG や LEGO® Crazy Action Contraptions に関する問い合わせがある。親の関心の高さが窺えるが、入手方法に加え、値段に関する意識が高い。

第二に、大学では情報系の専門科目で、C, Java, Processing, Ruby, PHP などを用いた授業が用意されているが、そこでも Arduino を使った授業実践が多数報告されている。今回の履修の後、センサーボードを介した計測/制御という知識を有しつつ、高学年の情報系専門科目の中で適宜 NanoBoard AG を使うことで理解度が高まるのではないかと考えている。つまりセンサーボードをハブに様々なプログラミング言語を学習するカリキュラムを体系的に提示できればと考えている。それに関しては、稿を改めて報告したい。

6. おわりに

今回のアンケート評価では、同一学部の大学生群を対象としているので、実際には世代や組織を超えた学習者間での相互学習にどれほど効果があるかは厳密には検証できておらず今度の課題となっている。

また、大学初学年に今回カリキュラムを履修した学生が、今後どのような場面や状況でこのセンサーボードを活用したかを、追跡調査していく予定である。

謝辞 NanoBoard AG の開発者である新村ともさまに深く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1325047.htm
- 2) 兼宗進: 教育用プログラミング言語の動向, 情報処理学会誌, Vol.48, No.6, pp.589-593 (2007)
- 3) 兼宗進, 阿部和広, 原田康徳: プログラミングが好きになる言語環境, 情報処理学会誌, Vol.50, No.10, pp.986-995 (2009)
- 4) <http://scratch.mit.edu>
- 5) 伊藤一成: プログラミング, 何をどう教えているか - Scratch を用いた授業実践報告-, 情報処理, Vol.52, No.1, pp.111-113 (2011)
- 6) 森秀樹: Scratch を用いた文系大学生向けプログラミング教育, 日本教育工学会論文誌, Vol.34, (Suppl.), 141-144 (2010)
- 7) 森秀樹, 杉澤学, 張海, 前迫孝憲: Scratch を用いた小学校プログラミング授業の実践~小学生を対象としたプログラミング教育の再考~, 日本教育工学会論文誌, Vol.34, No.4, 387-394 (2011)
- 8) Resnick, M. et al.: Programming for All. Communications of the ACM, Vol. 52, No.11, pp.60-67 (2009)
- 9) 草野創: Arduino 入門, 情報処理学会誌, Vol.52, No.8, pp.922-925 (2011)
- 10) Kazuhiro Abe, Tomo Niimura, Koji Yokokawa, Kazunari Ito, Daisuke Kuramoto: NanoBoardAG: An Inexpensive Sensor Board Compatible with PicoBoard and WeDo, Scratch@MIT (2012)
- 11) <http://swikis.ddo.jp/WorldStethoscope/46>
- 12) Rovai, A. P. : Development of an instrument to measure classroom community, Internet and Higher Education, Vol. 5, pp.197-211 (2002)