

ペア活動によるプログラミング授業における 学習行動に関する考察

上田 磨歩[†] 鈴木 裕利[†] 山下 隆義[†] 板井 陽俊[†] 石井 成郎[‡]

概要: 著者らは、これまでペア活動によるプログラミングの授業に関して様々な評価、分析、および、改善を行ってきた。本稿では、授業の改善によって確認された学習行動の変化に着目して評価した。具体的には、モデリング、および、プログラミング活動に関する分析の結果について報告する。

キーワード: プログラミング教育, ペア活動, 授業実践, 授業評価, モデリング

A Study on Learning Behavior on Pair Activity in Programming Classes

MAHO UEDA[†] YURI SUZUKI[†] TAKAYOSHI YAMASHITA[†]
AKITOSHI ITAI[†] NORIO ISHII[‡]

Abstract: The authors have evaluated the pair activity in programming classes in several ways, then conducted analyses and improvements. In this paper, the evaluation is focused on the development confirmed by improving the classes. To be more precise, we report the results of the analysis about modeling and programming activity.

Keywords: Programming Education, Pair Activity, Classroom Practice, Class Evaluation, Modeling

1. はじめに

中部大学工学部情報工学科では、学生が主体的に学習を進め、自らの創意工夫によって新たな作品を制作し、さらに、プレゼンテーション等を通して作品の意義、特徴等を表現することのできる能力を身につけるための授業の基礎科目「創成」が開講されている。「創成 B」では LEGO Mindstorms を用いて C 言語に類似した言語である NXC による自律移動型ロボットの制御を学習している。しかし、これまでの「創成 B」で取り組むロボットプログラミングの課題と競技ルールでは、学習者の作業がロボット製作のハードウェアの改善に偏ってしまうために、本来の目標であるプログラミングスキルの向上に適切な内容でないことが確認された。そこで、先行研究では、新しい授業デザインを提案することで、学習者の学習の偏りが改善され、本来の目標であるプログラミングスキルの向上を確認することができた[1]。また、関連研究では、ペアプログラミング手法を活用した教育方法が提案されており、ペアの能力の差の大きさの違いにより、差が大きなペアのほうが、ナレッジの共有・伝達が多く行われ、学習の効率化が期待されている[2]。そこで、本研究では、

これまでの「創成 B」の授業デザインを改善して実践を行う。そして、本稿では、ペア活動に着目して分析した結果について報告する。

2. 新たな授業デザイン

2.1 コース

本章では、先行研究で著者らが提案したコースとステップ課題、最終競技について説明する。提案したコースを図 2 に示す。これは、中部大学で行われたロボットコンテストで使用されたコースをベースにしている[3]。先行研究では提案コースを 3 台用意した。本コースの特徴としては、コース全体のみではなく、コースを上下 2 分割のスペースととらえて、複数の学習者が同時に使用することが可能である。それにより、これまでのコースに比べて学習者のトライアンドエラーの促進ができたことが確認されている[1]。

[†] 中部大学工学研究科 〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200
[‡] 愛知きわみ看護短期大学 〒491-0063 愛知県一宮市常願通 5-4-1



図 2：提案されたコース

A. ライントレース:黒線を追跡し走行する
1. 光度を測定する
2. 光度に応じて右折, 左折する
①光度
②モータ速度
B. 坂道走行:坂を登るために速度を上げる
1. 坂がどうかを調べる
2. モータの速度を上げる
3. 旋回速度を落とす
①モータ速度
②旋回速度

図 3：機能モデルの例

2.2 ステップ課題での UML-B の活用

先行研究で提案された課題はステップクリア形式となっている。5段階に分かれており、ステップ1から5まで順に課題を達成することにより、最終競技に到達可能なステップ課題となっている。このような形式にすることで、一度組み上げたロボットを分解して再度組み立てる時間が減少する。ステップ1では、受講者はラインレースで直線走行に取り組む。ステップ2では、あらかじめ最終競技に必要な不可欠となるので、switch文の学習を行った後、カラーセンサを使用して色の識別を行い、色ごとにロボットに異なるアクションを行わせる課題とした。次に、ステップ3では、ラインレースで十字路の走行に取り組む。これまでの競技ではライトセンサーの1個の使用で課題がクリアできていた。一方、新しく提案した課題では十字路の走行のために最低でも色を識別する2個以上のセンサを使用しないと課題が達成できないので、センサの学習に十分適しているといえる。最後にステップ4では、ロボットが十字路走行を行った後、図3に示される四角のポイントに置かれている色分けされた物体に対して、カラーセンサで色識別を行って物体を倒す課題になっている。そして、ステップ5では、ステップ1から4までの課題で作成したプログラムを関数化させる内容になっている。その結果、学習者は最終課題においてステップ課題で作成したプログラムを活用しながら競技に取り組むことが可能となり、学習者の関数化の学習を促進した。さらに、プログラムの美しさを意識させていることが確認され、学習者のハードウェアとソフトウェア、それぞれに費やす学習時間の偏りがステップ課題の提案により解決されたといえる。また、先行研究のデザインでは、各ステップ課題を行った後、UML-Bの機能モデルと詳細モデルの提出を義務づけた。UML-Bとは、UMLモデリングを初心者向けに提案したモデリング用書式である[4]。以下に、UML-Bの機能モデル、詳細モデル、関連モデルを図3、4、5に示す。

機能名	A. ライントレース
機能の概要	黒線を追跡し走行する
開始条件	コースに復帰する
機能の流れ	1. 光度を測定する(A-1, A-①) 2a. 光度が閾値未満であれば右折する } (A-②, A-2) 2b. 光度が閾値以上であれば左折する }
終了条件	完走する

図 4：詳細モデルの例

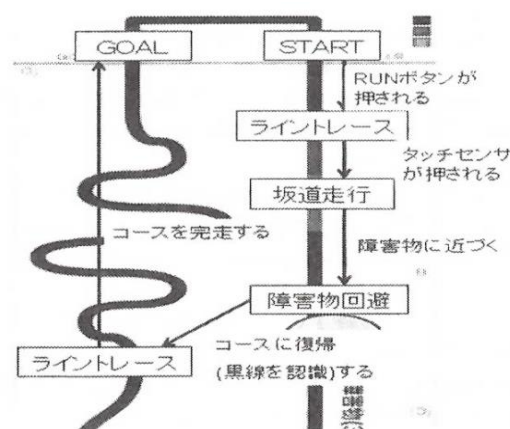


図 5：関連モデルの例

2.3 最終競技のルールと採点形式の提案

最終競技では、本研究の提案コースの赤色の右上の四角のエリアを除いた各エリアにその四角のエリアのある色と同じ色の物体を設置する(図2参照)。

競技のスタートエリアは、コースの赤色の物体の置かれていないエリアとする。スタートしたロボットは各エリアを巡回し、カラーセンサで物体の色認識を行い、判定した色により物体を倒す。最終競技では、「青色と黄色のエリアの物体を倒し」、「赤色と緑色のエリアの物体は倒さない」というルールとした。また、0点以下のチームを出さないように、物体を倒す、倒さないにかかわらず、全てのエリアを回れば加点されるルールになっている。最終競技の加点対象と減点対象をまとめて表1に示す。

表 1：最終競技の得点

加点対象	物体を倒す(青と黄)	1個につき +10点 (×4個)
	物体を倒さない(赤と緑)	1個につき +10点 (×3個)
	全てのエリアをまわる	+30点
減点対象	物体を倒す(赤と緑)	1個につき -10点 (×3個)

競技の基本ルールにおいては、制限時間は設けていない。ただし、点数が同率のチームが発生した場合、順位の決定はタイムを考慮する。次に、ロボットは最低でも2個以上のセンサを使用することが義務づけられている。また、プログラムの美しさも評価対象としており、これによって学生のプログラムの関数化の促進を行っている。

3. 授業実践の結果の比較

前章でまとめた授業デザインによって実施された2年分の授業について比較する。前章の実践は2015年に実施され、さらに、2016年においても同様に実施された。以降、各結果について、2015年の結果、2016年の結果と記述する。

3.1 授業後アンケートの評価

本章では、創成Bの授業後に毎回実施する授業アンケートに関する分析について報告する。対象とするデータは、2015年のKiss18の得点で組み合わせた授業の受講生142名と2016年のPro18の得点も考慮して組み合わせた授業の受講生138名の回答データである。受講者は、授業後アンケートとして、学籍番号、ペアの学籍番号、氏名、今日の努力度、今日の授業の理解度、本日のPDSサイクル、わかったこと(最大10個)、わからなかったこと(最大10個)、感想、コメントを入力する。この回答内容について、テキストマイニングツールを用いて分析を行う。テキストマイニングツールはIBM SPSS Text Analytics for Surveys 4を用いる。

マイニングによって、「わかったこと」、「わからなかったこと」に記入された回答を、授業の回数(1回~15回)別に、さらに、記入された回答を「ハードウェアに関する単語」と「ソフトウェアに関する単語」にカテゴリに分類して集計する。「わからなかったこと」について、単語の頻出推移を表したグラフを図6と図7に示す。

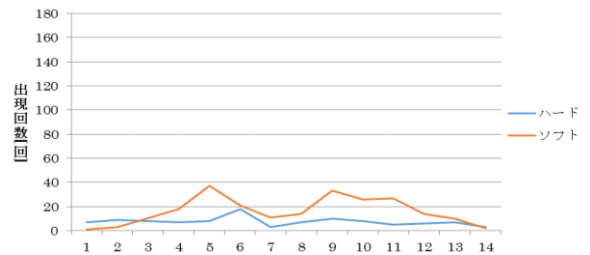


図 6：2015年の「わからなかったこと」の単語の頻出推移

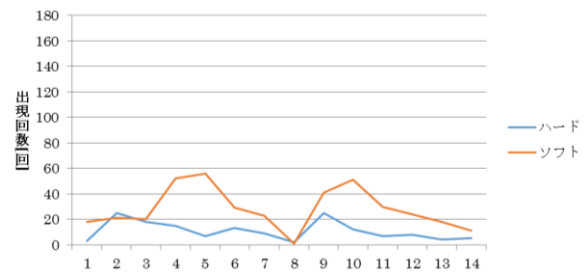


図 7：2016年の「わからなかったこと」の単語の頻出推移

Pro18の得点も考慮してペア分けをした2016年のグラフ(図6)とKiss18の得点でペア分けをした2015年のグラフ(図7)と比較して、グループ分けをした8回目以降から書き込みの件数が、2016年度の方が、多いことが確認できる。これは、Kiss18の得点のみで、ペア分けをした時よりも、Pro18の得点も考慮してペア分けをした時のほうが、プログラムに対して何が理解していないのか意識して取り組んでいることが考えられる。

また、2015年度と2016年度のアンケートの「わかったこと」の項目に入力されたハードウェアとソフトウェアにカテゴリ分けされた単語の授業毎の推移、図8、図9について説明する。

わかったことも同様に、Kiss18でペア決めをした2015年度の創成BとPro18の得点も考慮してペア決めをした2016年度の創成Bでは、ペア決めをした8回目以降の授業後でもわかったことに書き込みする件数が比較的に多いことが確認できる。そこから、Pro18の得点が低い学習者が、わからないまま授業を終わらずに、Pro18の得点が高い人が、ペア活動中にサポートしていることが考えられ、授業を理解していることが考えられる。

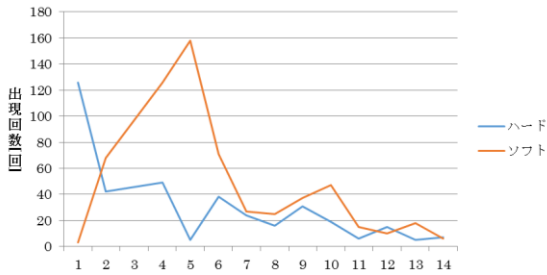


図 8 : 2015 年の「わかったこと」の単語の頻出推移

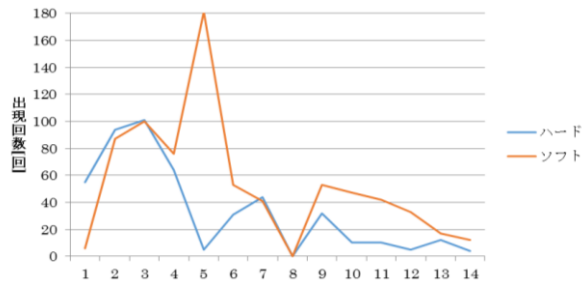


図 9 : 2016 年の「わかったこと」の単語の頻出推移

3.2 コースと課題についてのアンケート

本研究では、2015 年度の 142 名の創成 B の受講者と 2016 年度の 138 名の創成 B の受講者に、先行研究で提案したコース、ステップ課題、UML-B、PDS についてのアンケートを講義の最終回（第 15 回）に実施した。アンケートの内容は、各ステップ課題の難易度と達成度を 5 段階評価で評価、最終競技の良かった点・悪かった点を自由記述、UML-B と PDS の理解度・意識度・役立ち度の 5 段階評価となっている。

2015 年度と 2016 年度のステップ課題に関する難易度と達成度の平均を求めた表をそれぞれ表 2 と表 3 に示す。表中の難易度と達成度の数値はどちらも 5 段階評価とし、難易度では、“5”を難しい、“1”を易しいとする。達成度では、“1”をなかった、“5”をあったとする。

表 2 : 2015 年のステップ課題の
 難易度と達成度の平均

	難易度	達成度
ステップ 1 (直線)	1.5	3.2
ステップ 2 (カラー)	2.0	3.4
ステップ 3 (十字路)	3.1	4.2
ステップ 4 (物体倒し)	2.2	3.8
ステップ 5 (関数化)	2.9	3.3

表 3 : 2016 年のステップ課題の
 難易度と達成度の平均

	難易度	達成度
ステップ 1 (直線)	1.6	3.4
ステップ 2 (カラー)	2.2	3.7
ステップ 3 (十字路)	3.1	4.1
ステップ 4 (物体倒し)	2.7	3.9
ステップ 5 (関数化)	3.1	3.3

4 考察

4.1 授業後アンケートの考察

本章では、Pro18 の成績が高い学習者の記入した授業後アンケートと、そうでない学習者の記入した授業後アンケートのそれぞれの記入結果から分析したものを考察する。以下に、Pro18 の高い学習者とそうでない学習者の「わからなかったこと」と「わかったこと」について、単語の頻出推移を表したグラフを図 10、11 と図 12、13 に示す。

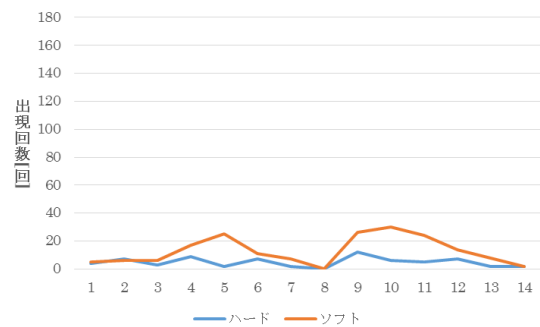


図 10 : Pro18 の得点が高い人の
 「わからなかったこと」の単語の頻出推移

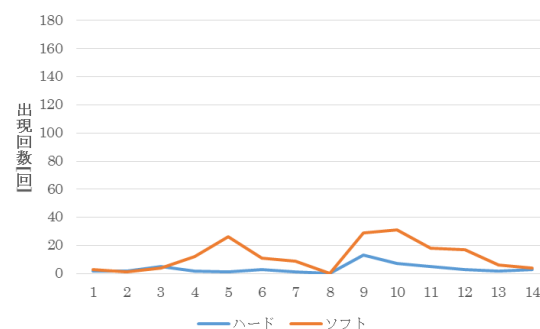


図 11 : Pro18 の得点が低い人の
 「わからなかったこと」の単語の頻出推移

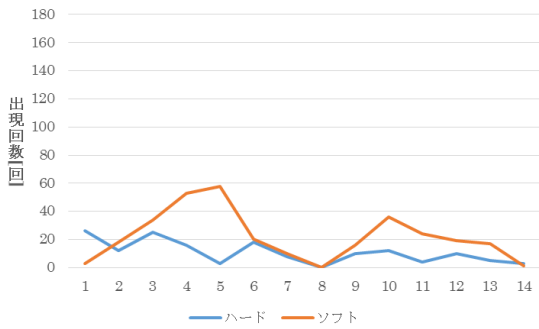


図 12 : Pro18 の得点が高い人の「わからなかったこと」の単語の頻出推移

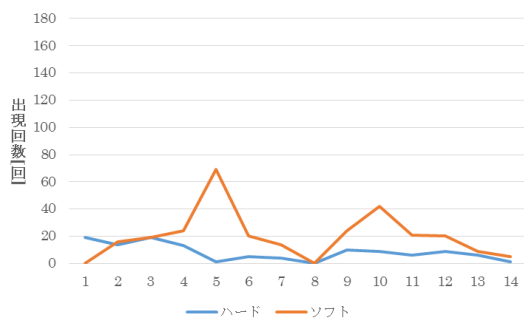


図 13 : Pro18 の得点が低い人の「わからなかったこと」の単語の頻出推移

わからなかったことについて、図 10, 11 の Pro18 の得点が高い学習者と、そうでない学習者ともに、ペア分けをした 8 回目以降のアンケートでも同等の書き込みがされており、どちらかに頻出推移が偏ることなく、分かったことに記入されている。

わかったことも同様に、図 12, 13 から、ペア分けをした 8 回目以降のアンケートでも同等の書き込みがされており、どちらかに頻出推移が偏ることなく、分かったことに記入されている。以上の結果から、Pro18 の得点を考慮してペアを組ませることで、わかったこと、わからなかったことについて、Pro18 の得点が高い学習者もそうでないものも、同等の件数をアンケートに記入していることから、Pro18 の低い人も高い人と同じように、ステップ課題と最終競技に意識・理解して取り組んでいることが考えられる。

また、わかったことに関して、第 5 回の講義の並列化や関数化、モデリングを扱っている回では、Pro18 の高得点の学習者は、5 回目の授業で、多くの学習者が理解しており、6 回目はそれらについての書き込みの件数も少なくなっているが、Pro18 の低得点者の人たちは、5 回目で理解した人たちの書き込みは高得点者のグラフと比較しても少なく、6 回目でそれらを理解したと書き込む学習者がいた。ここから、Pro18 の低得点者は、高得点者と比較しても講義に対する理解

が遅れていることが確認できた。

4.2 コースと課題についてのアンケート

本章では、2015 年度に行った新コースと課題についてのアンケート結果を 2016 年度で行ったアンケートと比較して分析する。新クラスデザインを提案した 2015 年度での最終競技の良かった点で多く記入されていたのは、「達成感」が 1 番高く評価されており、次に「プログラミングが学習できた」が高いという結果となった。この結果から、新しいクラスデザインでは、関数化と並列タスクなどのプログラミングの促進が影響を与えたことが確認された。2016 年度では、1 番に「難易度が適切であった」が評価され、次に、「達成感」と「プログラムが学習できた」が高くなっており、2016 年度のアンケートについても、2015 年度に引き続き、新コースと課題について良い評価が得られたと考えられる。問題点の改善として、コースの大きさに関しては、ステップ課題や競技には支障がないため、コースの壁をなくすことで改善されることが考えられる。

また、表 2, 3 から、2015 年度と比較して 2016 年度では、ステップ 3 の十字路以外の各ステップ課題が難しいと評価されている。前年度と同様に、難易度が一番高いと評価されたステップ課題の達成度が高いと評価されており、難易度と達成度に一定の相関があることが確認された。

4.3 UML-B と PDS

次に、2015 年度と 2016 年度のアンケートの UML-B についての質問では、UML-B の理解度、意識度、役立ち度についての 5 段階(1 を低評価, 5 を高評価とする)評価からは、2015 年度では、理解度は平均 3.8、意識度は 3.2、役立ち度は 3.3 という結果となり、2016 年度では、理解度は平均 3.6、意識度は 3.3、役立ち度は 3.2 という結果となった。また、PDS については、2015 年度では、理解度は平均 3.9、意識度は 3.5、役立ち度は 3.4 という結果となり、2016 年度では、理解度は平均 3.9、意識度は 3.5、役立ち度は 3.3 という結果となり、授業後アンケートからも、2015 年度と 2016 年度の「わかったこと」、「わからなかったこと」のどちらもモデリングに関する単語の書き込み件数は同等であり、ペア決め的手法を変えたのだが、モデリングツールの活用については、大きく改善されることはなかった。以下の表 4, 5 に 2015 年度と 2016 年度の UML-B と PDS についての 5 段階評価の評価人数別を示す。

表 4 : 2015 年の UML-B と PDS についての
 5 段階評価平均

2015	UML-B	PDS
理解度	3.82	3.89
意識度	3.20	3.47
役立ち度	3.25	3.43

表 5 : 2016 年の UML-B と PDS についての
 5 段階評価平均

2016	UML-B	PDS
理解度	3.58	3.94
意識度	3.25	3.48
役立ち度	3.24	3.32

5 今後

本研究の今後の課題として3点を挙げる。1つ目に、2016年度の創成Bのアンケート結果から、問題点として、「提案されたコースがせまかった」といった内容が多く記述されていた。この結果を踏まえて、次年度から、ロボット作り等のハードウェア面での制限を減らすためにも、コースの壁を外すように検討する必要がある。2つ目に、前年度と同様に、カラーセンサの誤反応が多数アンケートに記入されていた。この問題については、コース、および、物体の色を誤反応の少ない色に調整するなどの改善、または、現在導入しているカラーセンサよりも性能の良いものを導入することも検討する必要がある。3つ目に、UML-B と PDS に関する講義内容である。アンケート結果からは、2015年度と同様に、2016年度でも、意識度や役立ち度について「どちらでもない」と評価している学生が多くみられた。よって、今後の講義では、「モデリングの重要性」をより意識させる講義を行い、モデリング能力とプログラミング能力の両者の向上を図るための授業カリキュラムの提案、課題、競技の提案をする必要がある。さらに、本研究で分析した結果から、前提となるプロジェクトの目標である学習者が求める学習支援プログラミング環境の開発を進める予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費基盤研究(C)26350204 の助成を受けている。

参考文献

- [1] 上田磨歩, 鈴木裕利, 山下隆義, 板井陽俊, 石井成郎, “モデリング能力向上のための授業デザインの改善” 電子情報通信学会予稿集, 2016.
- [2] 熊谷英紀, 山田敬三, 田中充, 佐々木淳, “ペアプログラミング手法を活用したプログラミング教育方法の提案” 情報処理学会全国大会講演論文集, 2009.
- [3] World Robot Olympia, “WROJapan2015,” <http://www.wroj.org/2015/>, 2015
- [4] 長尾祐樹, 鈴木裕利, 藤吉弘亘, 藤井隆司, 石井成郎, “初心者用 UML の提案とその評価,” 情報処理学会研究報告, 2008.
- [5] 上田磨歩, 鈴木裕利, 山下隆義, 板井陽俊, 石井成郎, “プログラミングの創造性育成のための UML モデリング支援ツールの開発,” 電気関係学会東海支部連合大会予稿集, 2015.