

プログラミング学習についての一考察 ：ロボット制御のプログラミング学習と ソフトウェア作りのプログラミング学習を比較して

紅林 秀治* 兼宗 進**

静岡県立島田工業高校* 一橋大学総合情報処理センター**

〒427-8547 島田市阿知ヶ谷201*

kurezo@vcs.wbs.ne.jp*

kanemune@cc.hit-u.ac.jp**

概要

自立型ロボットのプログラミング学習と簡単なゲーム作りを課題としたプログラミング学習の両方を終えた中学生に、「楽しさ」と「難しさ」と「コンピュータに関する興味」を比較するアンケートを行った。その結果を学力調査テストの結果と比較することで、学習が得意な生徒とそうでない生徒にとってプログラミング学習への感じ方が異なることがわかった。また、結果の分析により、二つの授業の違いや、プログラミング学習が、普通教科の学習が得意な生徒と不得手な生徒で取り組みに差がでる理由もわかった。その結果を踏まえ、ロボット制御の学習とプログラミングの学習をつなげた学習が有効であることを提案する。

1 はじめに

技術・家庭科「情報とコンピュータ」領域で、コンピュータプログラムを作る授業を実践してきた。プログラムを作る学習（以後プログラミング学習と言う）は、学習する生徒に、コンピュータソフトウェアの仕組みやコンピュータの動作原理など学習する目的で導入している。プログラミング学習の導入には、二つの考え方がある。制御ロボットを導入して、プログラムを機械の動作と関連させて学習するプログラミング学習と、ソフトウェア作りを基本としてプログラムを作るプログラミング学習である。筆者らは、自立型ロボットの学習教材の開発に関わり、制御のプログラミング学習を中心に実践してきた[1][2]。また、制御プログラミング学習の効果は、今までの実践報告の中で述べてきた[3]。

Comparison between robot control programming and application programming in a junior high school, Shuji Kurebayashi*, Susumu Kanemune** (Shimada Technical High School*, Hitotsubashi University**)

中学生は、制御プログラミングの学習に意欲的に取り組む一方、コンピュータゲームなどにも関心が高く、ソフトウェア作りのプログラミングにも興味を持つ生徒が多い。

ところが、ソフトウェア作りのプログラミングの授業を行ってみた結果、製作するプログラムの課題が難しくなるにつれて、熱心に取り組む生徒とそうでない生徒の差が出てきた。そして、その差は、普通教科において学習が不得手な者と得意な者との間に関連があるように感じられた。これは、ロボット制御の授業では顕著に感じられないことであった。

プログラミング学習は普通教科学習の得手、不得手により、ロボットの制御の学習に興味を持つか、ゲーム作りのようなプログラミング学習に興味を持つか、別れるのではないかと考えた。本稿では、同じ生徒集団にドリトルによるロボット制御のプログラミング学習とゲーム作りのプログラミング学習を行い、アンケートを5教科の成績と比較した結果を報告する。

2 ドリトルと制御プログラミング

ドリトルは教育用プログラミング言語である。

簡単な日本語の命令によって小学生でもプログラミング学習ができるように設計されている。

また、日本にある教育用ソフトの中で唯一のオブジェクト指向の言語である。オブジェクト指向の言語についての詳細は省くが、現在のコンピュータソフトウェアはオブジェクト指向言語で作られているため、最新のプログラミング言語として、学習教材に取り上げる価値は高い。

今回はドリトルを利用してロボット制御の授業とゲーム作りの授業を行った。

2.1 ロボット制御の授業

ロボット制御の学習では、図1の基板を搭載した自動車タイプのロボットに赤外線インター

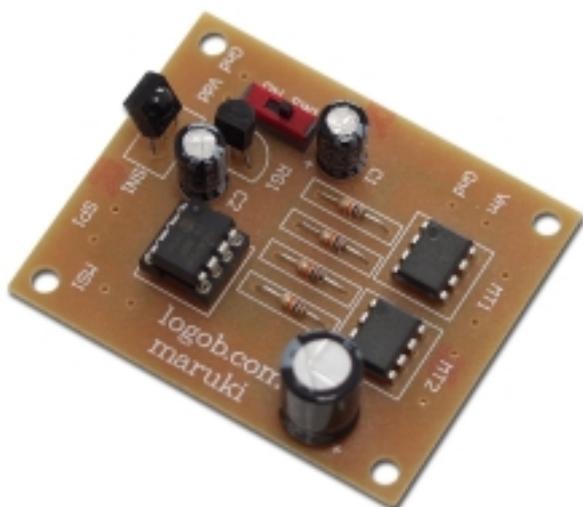


図1 使用した制御基盤

フェースを使ってプログラムを転送し、ロボットを命令通り動かす授業を行った。基盤にはメモリとI/Oを内蔵したCPUが搭載されている。生徒は一人1台ずつロボットを自作し、そのロボットを使って制御のプログラミングを学習した。

表1 授業のカリキュラム(ロボット制御)

| 時間 | 内容 |
|----|-----------------|
| 1 | ロボットへのプログラム転送 |
| 2 | 迷路をぬけるプログラム1 |
| 3 | センサースイッチを使ったプログ |

| | ラム |
|-------|--------------|
| 4 | サブルーチンプログラム |
| 5 | 繰り返し命令 プログラム |
| 6 ~ 8 | 迷路をぬけるプログラム2 |

表1はロボット制御の授業カリキュラムである。生徒には、簡単な迷路を与え、スタート地点からゴール地点まで移動するプログラムを課題とした。図2は授業で扱ったロボット制御のプログラム例である。転送するプログラムは、シリアルポートオブジェクト「ロボ次郎」に「転送命令」というメソッドとして定義されている。このプログラムには2つのサブルーチンが含まれる。

図3と図4は、生徒が作った自立型ロボットと生徒が課題を実行している様子である。

ロボ次郎 = シリアルポート！作る。
 ロボ次郎:転送命令 = 「！はじめロボット
 スイッチスタート 1 前進 1 後退
 前進・入力で停止 うごけさぶ1
 前進・入力で停止 うごけさぶ2
 おわりロボット
 はじめさぶ1
 1 0 後退 5 右前 5 左後
 おわりさぶ
 はじめさぶ2
 1 0 後退 5 左前 5 右後
 おわりさぶ。』
 ロボ次郎！ "COM1" ひらけごま。
 ロボ次郎！転送命令 うごけ。
 ロボ次郎！とじろごま。

図2 ロボットを動かすプログラム例

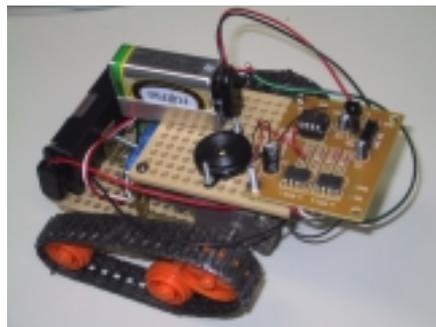


図3 生徒が自作したロボット



図4 課題を実行する生徒

2.2 ソフトウェア作りの授業

ドリトルを使ったソフトウェア作りの授業では、サンプルプログラムを例に、タートルオブジェクトを動かしたり、ボタンオブジェクトやオブジェクト同士の衝突検知を行うプログラムなどを学習した後、簡単なシューティングゲームを作ることを課題とした。表2は、授業カリキュラムである。図5は、生徒が参考にしたシューティングゲームプログラムである。

図6と図7に実行画面と生徒の様子を示す。

表2 カリキュラム(ソフトウェア作り)

| 時間 | 内容 |
|-----|--------------|
| 1 | オブジェクトの変身 |
| 2 | タイマープログラム |
| 3 | ボタンオブジェクト |
| 4 | 衝突検知のプログラム |
| 5 | 点数を表示するプログラム |
| 6~8 | ゲーム作り |

表示欄=フィールド! 作る 200
-200 位置 80 40 大きさ。
カメゾウ=タートル! 作る。
カメゾウ:長方形=「|x y|」「(x)
歩く 90 右回り (y) 歩く 90
右回り」! 2回 繰り返す。」
カメゾウ! 10 200 長方形
図形にする 300 300 移動する

赤) 塗る。
カメゾウ! 10 200 長方形
図形にする -300 300 移動する
赤) 塗る。
カメゾウ! ペンなし -200 200
移動する。
カメゾウ:衝突=「!180度 右回り」
カメゾウ! "tonbo.gif" 変身する。
時間1=タイマー! 作る。
時間1! 0.01秒 間隔 30秒 時間。
時間1!「カメゾウ! 1 歩く。」実行。
カメ子=タートル! 作る。
カメ子! ペンなし 0-200 位置。
カメ子! 90 左回り。
カメ子:衝突=「カメ子! "niwa.gif"
変身する。表示欄! ((表示欄!読む)+1)
書く。」
ボタン1=ボタン! "jump" 作る。
ボタン1! -200 -200 位置。
時間2=タイマー! 作る。
時間2! 0.01秒 間隔 1秒 時間。
ボタン1:動作=「時間2!「カメ子!
10 歩く。」実行。」
ボタン2=ボタン! "戻る" 作る
-200 -250 位置。
ボタン2:動作=「カメ子! 0-200
位置 "ayumi.gif" 変身する。」

図5 ドリトルの命令

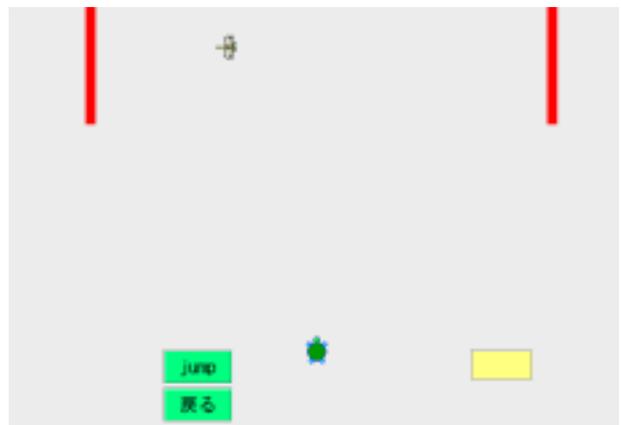


図6 プログラムの実行画面



図7 ゲームプログラム作りには取り組む生徒

プログラムでは、ボタンを押したときに実行される衝突メソッドなどを定義している。トンボとカメの姿をしたタートルオブジェクトは2つのタイマーにより非同期に実行が行われる。

3 評価実験

アンケートは12月にゲームプログラム作りの最後の授業で実施した。対象は3年生131名である。

アンケートの内容は、1から4までの選択肢を選ぶ形式で行い、「とても(大変)である」「どちらかといえば である」という内容にして、生徒の考えをはっきり導くため「どちらともいえない」という項目を入れずにおいた。図8は、アンケートの内容である。答は、すべて番号で答えるようにした。

ロボットを動かすプログラムは

- 1 大変簡単である
- 2 どちらかと言えば簡単である
- 3 どちらかと言えば難しい
- 4 大変難しい

ロボットを動かすプログラムは

- 1 とても楽しい
- 2 どちらかと言えば楽しい
- 3 どちらかと言えば楽しくない
- 4 とっても楽しくない

ドリトルのプログラムは

- 1 大変簡単である
- 2 どちらかと言えば簡単である
- 3 どちらかと言えば難しい
- 4 大変難しい

ドリトルのプログラムは

- 1 とても楽しい
- 2 どちらかと言えば楽しい
- 3 どちらかと言えば楽しくない
- 4 とっても楽しくない

ロボットのプログラムとドリトルのプログラムを比べて

- 1 ロボットの方が楽しい
- 2 どちらかと言えばロボットの方が楽しい
- 3 どちらかと言えばドリトルの方が楽しい
- 4 ドリトルの方が楽しい

ロボットのプログラムとドリトルのプログラムを比べて

- 1 ロボットの方が難しい
- 2 どちらかと言えばロボットの方が難しい
- 3 どちらかと言えばドリトルの方が難しい
- 4 ドリトルの方が難しい

コンピュータに興味を持てた学習は

- 1 ロボットのプログラムの授業
- 2 どちらかと言えばロボットのプログラムの授業
- 3 どちらかと言えばドリトルのプログラムの授業
- 4 ドリトルのプログラムの授業

図8 アンケートの内容

アンケートの結果を分析するにあたり、生徒の学習状況により答え方がどのように異なるのかを調べることにした。生徒の5教科における学習の得手、不得手を、9月と12月実施した学力調査テスト(国語 社会、数学、理科 英語 各教科50点問題)結果の合計により分類してみた。9月に行われたテストは中学1年生と2年生で学習した内容から出題され、12月に行われたテストは中学1年生から3年生の2学期までに学習した内容が出題される。出題範囲が広いことから、普段から学習が得意とされる生徒と、そうでない生徒では、点数に大きな開きとなって表れてくる。そのため、両テストの合計点を学習の得手不得手の指標にした。

学力調査テストの点数の分布を表3と図9に示す。

表3 点数の度数分布表

| 点数 | 人数 |
|---------|----|
| 451~500 | 2 |
| 401~450 | 14 |
| 351~400 | 25 |
| 301~350 | 28 |
| 251~300 | 22 |
| 201~250 | 19 |
| 151~200 | 12 |
| 101~150 | 7 |
| 0~100 | 5 |

平均 292.75
標準偏差 = 94.58

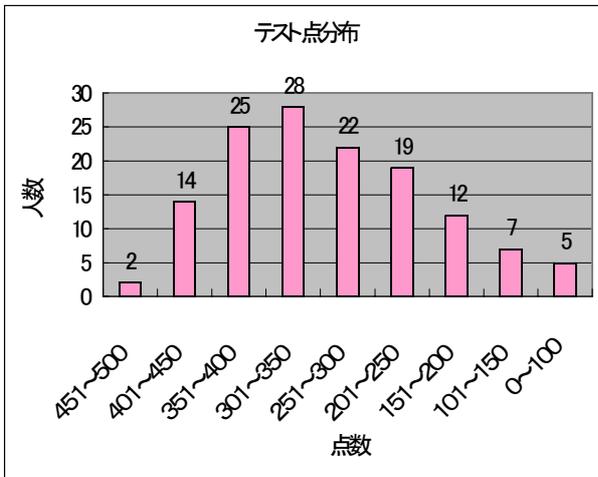


図9 テスト結果の分布

次に、学力調査テストの成績とアンケートの結果の関係を分析した。最初に生徒の数をおおよそ3つのグループに分割するために、351点以上の生徒41名をA群 251点~350点までの50名をB群 250点以下の44名をC群とした。表4に、アンケート結果の集計と、A群~C群のグループごとの集計を示す。

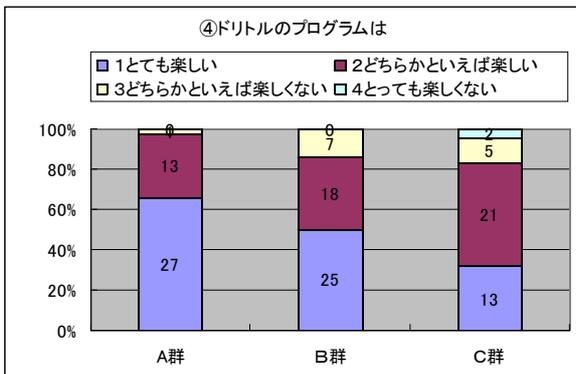


図10 ドリトルは楽しい?

表4よりA群とC群で差がはっきり出たアンケート項目の結果をグラフ化したのが図10である。

表4 アンケート結果

| ①ロボットの授業は簡単? | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|
| 1大変簡単 | | | 2 | | | 3 | | | 4大変難しい | | |
| 5 | | | 33 | | | 67 | | | 36 | | |
| A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| 2 | 2 | 1 | 14 | 14 | 5 | 19 | 27 | 21 | 6 | 7 | 13 |
| ②ロボットを動かすプログラムは楽しい? | | | | | | | | | | | |
| 1とても楽しい | | | 2 | | | 3 | | | 4とても楽しくない | | |
| 57 | | | 68 | | | 6 | | | 0 | | |
| A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| 19 | 27 | 11 | 20 | 22 | 26 | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| ③ドリトルのプログラムは簡単? | | | | | | | | | | | |
| 1大変簡単 | | | 2 | | | 3 | | | 4大変難しい | | |
| 8 | | | 32 | | | 68 | | | 24 | | |
| A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| 1 | 6 | 1 | 14 | 11 | 7 | 21 | 22 | 25 | 5 | 11 | 8 |
| ④ドリトルのプログラムは楽しい? | | | | | | | | | | | |
| 1とても楽しい | | | 2 | | | 3 | | | 4とても楽しくない | | |
| 65 | | | 52 | | | 13 | | | 2 | | |
| A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| 27 | 25 | 13 | 13 | 18 | 21 | 1 | 7 | 5 | 0 | 0 | 2 |
| ⑤ロボットとドリトルどちらが楽しい? | | | | | | | | | | | |
| 1ロボット | | | 2 | | | 3 | | | 4ドリトル | | |
| 26 | | | 30 | | | 45 | | | 30 | | |
| A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| 6 | 11 | 9 | 6 | 16 | 8 | 16 | 14 | 15 | 13 | 9 | 8 |
| ⑥ロボットドリトルどちらが難しい? | | | | | | | | | | | |
| 1ロボット | | | 2 | | | 3 | | | 4ドリトル | | |
| 27 | | | 30 | | | 48 | | | 26 | | |
| A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| 12 | 8 | 7 | 10 | 11 | 9 | 12 | 23 | 13 | 7 | 8 | 11 |
| ⑦コンピュータに関心を持ったのは? | | | | | | | | | | | |
| 1ロボット | | | 2 | | | 3 | | | 4ドリトル | | |
| 29 | | | 26 | | | 45 | | | 32 | | |
| A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| 7 | 10 | 12 | 8 | 10 | 8 | 12 | 20 | 13 | 14 | 10 | 8 |

図10からも明らかなようにABCそれぞれの群において「ドリトルがとても楽しい」と答えている生徒の割合がABC群の順に下がっている。また、項目についてABC群ごとまとめたグラフが図11である。

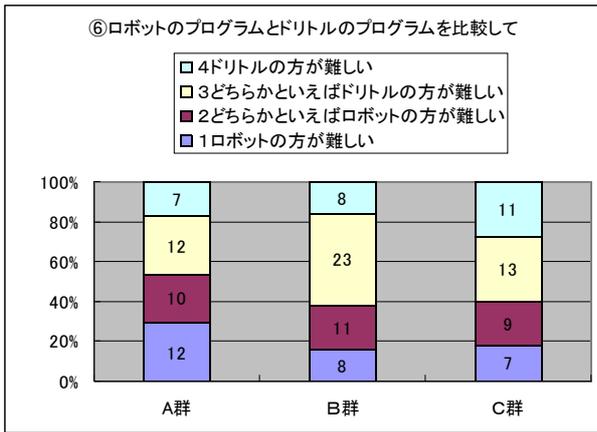


図 1 1 ロボットとドリトルどっちが難しい？

このグラフから B C 群は、A 群と比べて「3」と「4」(どちらかといえばドリトルの方が難しい、ドリトルの方が難しい)と答えている生徒の割合が多いことがわかる。

以上の結果から、成績別にグループ化した A B C 群でアンケートの結果が異なることがわかる。さらに、C 群や B 群の生徒にとってドリトルによるプログラミングの学習は楽しいながら、ロボットのプログラミングに比べて難しいと感じてる生徒が多いということが読み取れる。

4 回答と成績の対応に関する分析

アンケートの回答と成績との関係をさらに調べるために、アンケート ~ に関して、回答ごとの成績の分布を調べてみた。

図 1 2 ~ 図 1 4 に、項目 から までのアンケートの回答ごとの成績分布を示す。分布は成績の中位点と四分位偏差(3点表示)で示した。

表 5 楽しさの(3点表示)

| 項目 | 集団の1/4 | 中央値 | 集団の3/4 |
|------------------|--------|-------|--------|
| 1ロボットの方が楽しい26人 | 342 | 295 | 241 |
| 2どちらかといえばロボット30人 | 337.5 | 287 | 233 |
| 3どちらかといえばドリトル45人 | 391 | 311 | 240 |
| 4ドリトルの方が楽しい30人 | 383.5 | 341.5 | 272.5 |

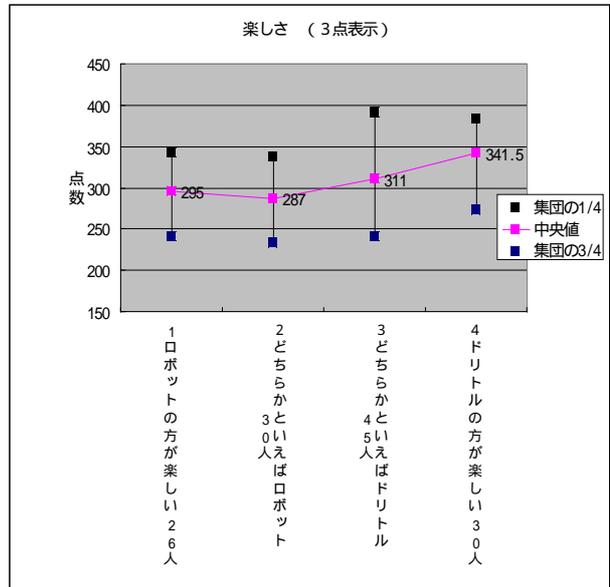


図 1 2 楽しさ 3点表示

表 6 難しさ (3点表示)

| 項目 | 集団の1/4 | 中央値 | 集団の3/4 |
|-----------------|--------|-------|--------|
| 1ロボットの方が難しい26人 | 388.5 | 341 | 268 |
| 2どちらかといえばロボット30 | 385.5 | 314.5 | 242.5 |
| 3どちらかといえばドリトル48 | 357 | 310.5 | 249 |
| 4ドリトルの方が難しい26人 | 358.5 | 267 | 236 |

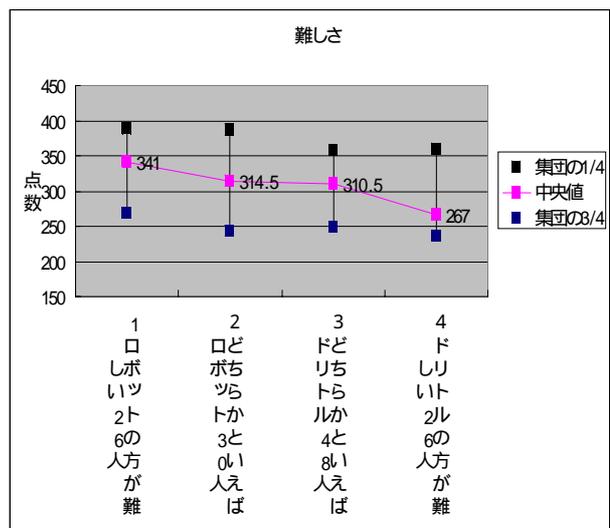


図 1 3 難しさ 3点表示

表7 コンピュータに興味(3点表示)

| 項目 | 集団の1/4 | 中央値 | 集団の3/4 |
|---------------------|--------|-------|--------|
| 1ロボットプログラムの授業29人 | 353 | 277 | 240 |
| 2どちらかと言えばロボットの授業26人 | 373.5 | 290 | 207.5 |
| 3どちらかと言えばドリトルの授業45人 | 357 | 309 | 246.5 |
| 4ドリトルプログラムの授業32人 | 385 | 341.5 | 271 |

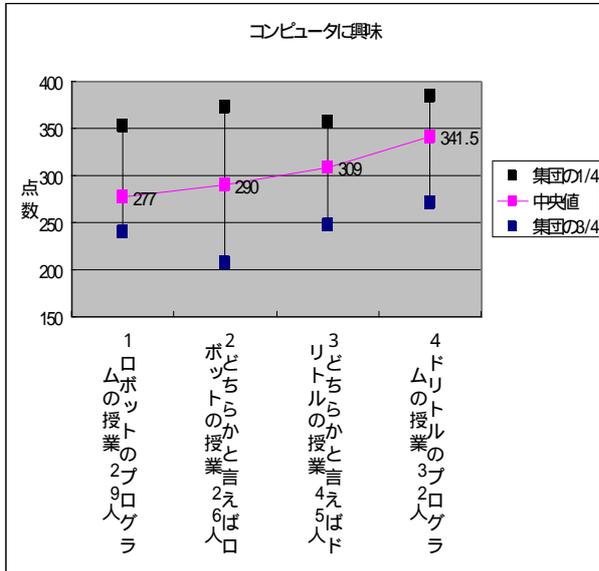


図14 コンピュータに興味

図12～図14を見ると、アンケートの回答と成績に関係があることがわかる。

図12では、「4ドリトルの方が楽しい」「3どちらかと言えばドリトル」と答えた生徒は成績がよい(学習が得意である)傾向がある。

図13では、学習の不得手な生徒は「4ドリトルの方が難しい」と回答する傾向がある。

図14では、成績のよい生徒は「4ドリトルのプログラムの授業」に興味を持つ傾向がある。

結果として、学習の得意な生徒(成績のよい生徒)は、ドリトルの授業(ソフトウェア作り)に興味を持ち、学習の不得手な生徒はロボットの授業(ロボット制御)に興味を持つ傾向がある。

5 考察

学習が苦手な生徒の中には、キーボードで文章を打つのにローマ字の読み書きができないために、苦手意識を持つ生徒が多い。また、一つのことを椅子に座ってじっと考えることに苦痛を感じ、授業に集中できない生徒もいる。しかし、そのような生徒たちでも、ロボットの学習は興味を持てる題材であり、プログラミング学

習としては有効であった。その理由の一つは、ロボットという実物が動くということが分かり易さを象徴している。また、活動を伴う学習になるため、座学が苦手な生徒にとって活動の場が与えられるため、自然と授業に参加できるようになるためである。

ロボット制御のプログラミングでは、ロボットが解釈できる命令が少ないことから、プログラムで使う命令の種類は限られている。一方、ソフトウェア作りのプログラミングでは、使う命令が、ロボットの制御に比べ多くなっていく。

そのため、マニュアルを自分で読みながら命令言語を学習することが、必要になってくる。学習が得意な生徒にとってマニュアルをみながら学習を進めていくことは、学習に大きな障害をもたらすとは考えられないが、学習が不得手な生徒にとっては苦痛になる。

では、マニュアルが必要ない授業形態に変えることにより、解決できるかということ、それも難しい。なぜならば、プログラミング学習では、生徒のプログラミングにかかる期待と作品の要求レベルが授業を重ねるごとにどんどん上がっていくため、40人近い生徒に個別対応しながら学習させることが不可能だからである。そのため、自主的に進められる生徒は、自分のペースでマニュアルを見ながら学習させていかないと授業が成立しなくなる。また、ロボット制御と異なり、市販されているゲーム機で遊んでいる経験が豊富なために、簡単な画面の動きでは満足しない生徒が多い。自主的に学習できる生徒は、解決のための方法を考えたり、マニュアルを見ながら新しい命令言語の獲得に乗り出すことができる。しかし、学習が不得手な生徒は読むことが苦手である生徒が多いため、解決の方法を人にたよるしかなく、授業中何もしないで過ごす生徒がでてしまうという問題がある。

6 まとめ

結論として、以下のことが考えられる。

プログラミングの授業実践として、ロボット

制御の授業から始め、プログラミングに興味を持たせた後、ソフトウェア作りのプログラミング学習に移行するのが良い。

ロボット制御のプログラミング学習ができない場合は、マニュアルを見ながら自主的に学習を進められる集団とそうでない集団で指導方法分けて授業を進める必要がある。

生徒にとって、ドリトルを使ったロボット制御の授業も、ゲームプログラミングの授業もいずれも80%の生徒は「楽しい」「どちらかと言えば楽しい」と答えている。ロボット制御とソフトウェア作りという違いはあるが、教材としてドリトルを扱うこと自体は、生徒にとって良い物であることはアンケートから明らかであった。

今後もドリトルを使ったプログラミングの指導方法の研究を発展させていきたいと考えている。

本研究で実験授業に協力頂いた、藤枝市立西益津中学校の教員と生徒のみな様に感謝いたします。

参考文献

- [1] 紅林秀治. 「ドリトル」で始める情報教育
第4回 ドリトルで制御学習(その1).
NEW 教育とコンピュータ, Vol.18, No.4,
pp.120-123, 2002.
- [2] 紅林秀治. 「ドリトル」で始める情報教育
第5回 ドリトルで制御学習(その2).
NEW 教育とコンピュータ, Vol.18, No.5,
pp.40-43, 2002.
- [3] 紅林秀治, 兼宗進, 岡田雅美, 佐藤和宏,
久野靖. 画面を飛び出したオブジェクト
: 自立型ロボットを活用した情報教育の提案.
情報処理学会情報教育シンポジウム
(SSS2002), pp.77-84, 2002.