

中学校におけるアルゴリズム教育のためのカリキュラム作成と授業実践

山崎 剛^{†1} 山崎 謙介^{†2}

概要

平成24年度から完全施行される新しい学習指導要領では、中学校技術・家庭科技術分野においてコンピュータ分野のプログラム学習が必修項目になった。教科書ではロボットを用いた学習が紹介されているが現在ロボット教材は必ずしも安価とはいえず、クラス全員がロボットを持つことに対する費用は大きな負担となりうる。そこで、フリーソフトである“ことだま on Squeak”を用いて、仮想ロボットなどを作成し、プログラム学習の教材、および3時間のカリキュラムを作成し、授業実践をおこなった。その教材・カリキュラムの紹介および、授業の報告を述べ、成果を吟味した。

1章 はじめに

1.1 研究の背景

現行の中学校技術・家庭科での技術分野の学習指導要領において、プログラミングは、「プログラムと計測・制御」として設定されているが、選択領域のひとつであり、行われていない学校もある。平成24年度から中学校において完全施行される新しい学習指導要領^[1]においては、「プログラムによる計測と制御」として、必修領域へと変更された。現行の教科書^{[2][3]}では、センサを搭載したロボットにプログラムを与え、「計測と制御」を行う事例が挙げられているが、現状ではセンサを搭載したロボットは、必ずしも安価とはいえない。一領域としてこの高価なロボットを用いるのは、授業を行うにあたり負担になるため、現実的ではないと考えられる。

1.2 既存のロボットを用いたプログラミング学習

現在、中学校技術分野におけるロボットを用いたプログラミング教育は多数研究されている。西ヶ谷らの研究^[4]においては、ロボットの作成から、プログラミングを行うまですべてを授業に組み込み、2、3年生での一貫カリキュラムとして実践を行っている。

また、鎌田の研究^[5]では、中学校技術分野「プログラムによる計測と制御」を想定した教員養成系教育学部の授業としてロボットの設計、制作、プログラミングを行う授業カリキュラムを作成している。

これら両者は実際のロボットを用いており、特に西ヶ谷ら^[4]では、ロボットを作成する過程においてモータの仕組みや半田付けなど技術分野における学習を広く行っているが、学年を跨いだ学習になっているなど、ロボット製作を中心とした授業構築が行われている。今回の研究はコンピュータ上で仮想的に行われるロボットであり、また三時間で一つの単元として完結することを想定しているため、これらの研究とは異なっていると考えられる。

^{†1} 東京学芸大学大学院

^{†2} 東京学芸大学

1.3 ことだま on Squeak

Squeak は主にマルチメディアアプリケーションの開発のために設計された非常に移植性の高いマルチメディアプラットフォームである。中でも、画面上でマウスなどを利用しグラフィカルにプログラミングが行える非開発者向けのプログラミング環境である Squeak eToys が有名である[6][7]。今回、慶應義塾大学大岩研究室で開発された“ことだま on Squeak” [8]を用いて教材開発を行った。“ことだま on Squeak”を用いた理由として、

- ・様々な OS での利用が可能
 - ・言語が日本語に近い言葉で記述されているため、生徒が理解しやすい
- という点が挙げられ、今回“ことだま on Squeak”を用いたアルゴリズム教育のためのカリキュラム作成を行った。

1.4 “ことだま on Squeak”を用いたカリキュラムの提案

今回は実際のロボットではなく、“ことだま on Squeak” (以下 Squeak) 上に展開される仮想物体を用いた「プログラムによる計測と制御」の授業カリキュラムを提案する。「プログラムによる計測と制御」の内容を三時間で学習するカリキュラムであり、学習指導要領解説での“プログラムの命令語の意味を覚えさせるよりも、課題の解決のために処理の手順を考えさせることに重点を置く”ことに注目し、できる限り処理の手順(アルゴリズム)を考えられるように作成した。想定環境はクラス人数分のコンピュータが用意されているコンピュータ室である。2章でそのカリキュラムの詳細、3章ではその実践授業の様子の報告、4章ではアンケート結果の報告と考察を行う。

2章 提案するカリキュラム

今回、「プログラムによる計測と制御」で学習指導要領において必要とされている以下のことをできる限り含んだ全三回のカリキュラムを作成した。

ア) コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組みを知ること。

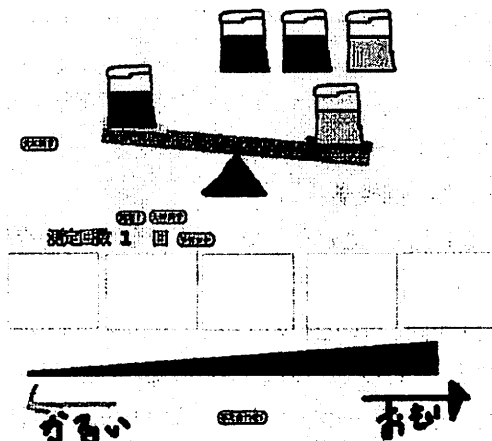
イ) 情報処理の手順を考え、簡単なプログラムが作成できること。 ([1]より引用)

全ての回において、Squeak を用いたコンピュータ室で行う授業を想定している。以下、各回詳細について述べる。

2.1 第一回「アルゴリズムとは」

この回では、情報処理の手順(アルゴリズム)を考えることを目的とした授業を行う。生徒はこれまで手順を考えるという考え方に慣れていないと想定されるため、まずは身近な題材から、普段は何気なく、考えずにやっている作業を、手順を追って考えると細かい作業の繰り返しであるということを実感してもらい、処理の手順というものを実感する目的で行う。

「質量の分からない水の入ったビーカーを、天秤を何度使いれば、質量の重い順番に並び替えられるか(ソート)」を題材に、Squeak で教材を作成した[図 2-1]。生徒はこの教材を使い、与えられた課題を解くためにどのような手順を踏めば、確実かつ少ない回数で並び替えが出来るのかを考える。天秤の腕には、ビーカーを一つしか乗せることが出来ないため、一つ一つ比較する必要がある。何色と何色を比較したのかを毎回紙に書き出し、あとで確認できるようにし、最小の比較で行うための方法を模索させる。生徒の測定が終了したあと、教師が見本としてバブルソートのやり方を紹介する。



【図 2-1】 ビーカーの質量を天秤で量る

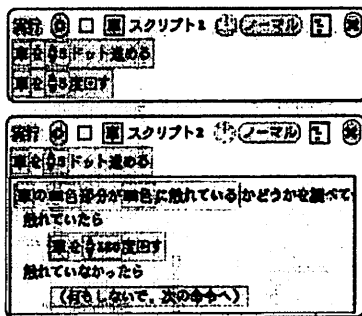
2.2 第二回「プログラミングをしよう」

Squeak でプログラミングを実際に行ってみる。自分の描いた絵（モーフ）に命令（スクリプト）を与えることで自分の思い通りの動きが出来るようになることを実感し、コンピュータによる制御というものを感じ取れるようにする。また、センサー機能を用いた課題を与え、センサーが2種類の色の違いを感じることで計測を擬似的に実感できるようにした。ここでは、コンピュータ上の仮想物体に命令を与える事になるが、第一回で行った手順を追って考えるという考え方にに基づき、与えられた課題の手順を細かく分けてそれを命令として表現できるようにする目的で行う。

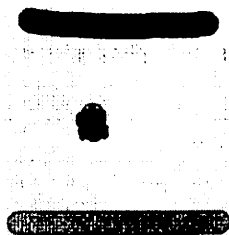
車に「5 ドット進める」「5 度回す」との命令を実行させるとどのような動作になるのかを予想させ、その後動かす【図 2-3 の上部】。円運動が確認できたら、発展としてこの円運動を大きくするためにはどうすれば良いかを生徒に問いかけ、実際に動かしてみる。

次に、条件分岐として、壁にぶつかったら折り返すという課題を与える。ヘッドライトの色をセンサとして、壁に触れたら 180 度回転させ

る【図 2-3 の下部】。またこの発展課題として、反対側にも壁を作りずっと動き続けるようなプログラムを作成する【図 2-4】。



【図 2-3】生徒が作成するプログラム例



【図 2-4】車が往復する課題

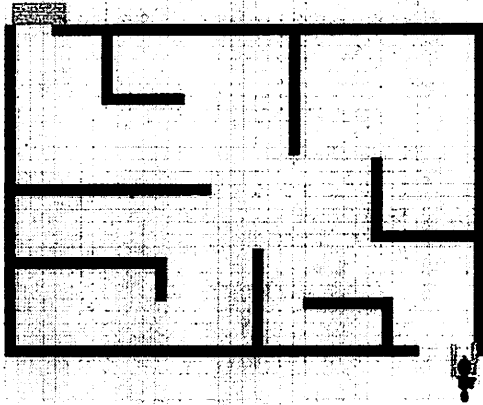
2.3 第三回「問題解決をしてみよう」

まとめとして、ある問題を与えその解法を考えプログラムを作成する。第一回では、物事を処理する手順として考えること、第二回では、手順をさらに細かく分けて、命令として与えられるような学習を行った。これらの学習を活かし、如何にすればモーフがゴールに行くのか、それを組むためにはどのようなプログラムが必要なのかという学習を行う。これにより、生徒自身が物事の処理手順の考え方、およびその手順を表現できるようになるという目的で行った。

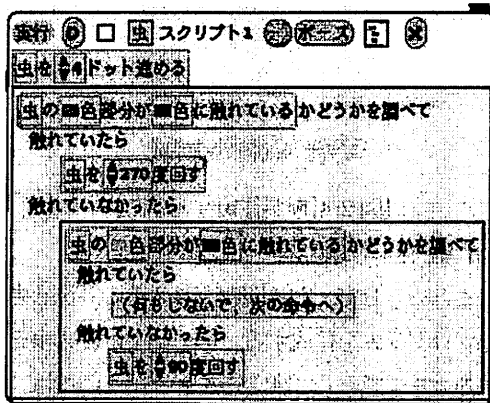
題材として、Squeak 内に簡単な迷路を用意し、入り口にいる「虫」に対し、必ずゴール(出口)に向かうプログラム作成を考えさせる。【図 2-5】

最も簡単な例としては「右手法」とよばれる、

壁に沿って歩いていくものである[図 2-6]。このプログラムを作成するには、全て 2.2 節の学習内容である「条件分岐」と「繰り返し」で実行できる。



[図 2-5] 虫が迷路を脱出する課題



[図 2-6] ゴールへたどり着くプログラム例

3章 授業実践

このカリキュラムを用いた授業実践を行った。以下にその概要と実際の授業を回ごとに報告する。

3.1 概要

場所： 東京学芸大学附属竹早中学校

授業数： 各クラス全三回（1回 50分）

日時： 第一回平成 22 年 10 月 14 日

第二回 同 28 日

第三回 同 11 月 11 日

対象： 1 年生 4 クラス（各クラス 40 人計 160 人）

環境： 一人一台のコンピュータが利用可能であるコンピュータ室

3.2 第一回授業

2.1 節で示されたアルゴリズムを考える授業を行った。今回は五人一組で作業を行い、生徒同士が話し合いを行いながらビーカーの水の並び替えを行っていった。教材の使い方を説明したあと、グループ内でどのような方法で並び替えを行うのかを話し合わせ、それをプリントに記入した後に、教材を使った。以下は、生徒が作成したプリントである[図 3-1]。

どうやって並び替えるか話し合ってみよう

記録 MEMO

① 1 から 4 まで
② 4 → E2 回に 5 7 を調べる
③ そのうちの最も向うを調べる
④ 1 番向うの E57 を調べる

1 回目	青と水色	水色 > 青色
2 回目	赤と赤色	赤色 > 赤色
3 回目	水色と赤色	赤色 > 水色
4 回目	赤と赤色	赤色 > 赤色
5 回目	赤と赤色	赤色 > 赤色
6 回目	赤と赤色	赤色 > 赤色
7 回目	赤と赤色	赤色 > 赤色
8 回目	青と赤色	赤色 > 青色
9 回目	赤と赤色	赤色 > 赤色
10 回目	赤と赤色	赤色 > 赤色

この並び替えの結果・なにがよかった
思いついた考えをみよう

結果 **成功・失敗**
赤と赤色に着てたから
成功していい
やり直しはいい。

[図 3-1] 生徒作成プリント

探求意欲を高めるため、グループごとに、測定回数を競うように設定した。偶然的な測定になってしまうぬよう、測定後になぜ成功したのかをもう一度考える時間を与えその考察結果もブ

リントに記入させた。

3.3 第二回授業

2.2 節で示されたプログラムを作成する授業を行った。この回では、生徒一人ひとりが1台ずつのコンピュータを用いて行った。授業の始めに、Squeakの基本的なボタン操作やプログラム操作の方法に関するプリントを与えた[図3-2]。

Squeakを使って車を円運動させてみよう！

今日の目標・・・車を自分の思い通りに命令して動かしてみよう！

1. 車を描こう

画面左下にあるナビゲータをクリック！そして右から2番目のマークをクリック。

筆のマークをクリックして、ペン太さを選ぶ。選んだら、画面上に、車の絵を描いてみよう。

間違えたら、で消しゴムを選択。

車が書けたら、そのボタンを押して画像を保存しよう。

2. 車を動かしてみよう

"Alt"を押しながら、車をクリックしてみよう。すると、左図のようないろんなボタン(ハコ)が出てきます。まず下に名前をつけよう！その中で左の真ん中にある目のマークを押すと、左のような画面が出てきます。次に、「基本」の中の一番上にある「車を5ドット進める」を左の画面に持ってくるどスクリプト画面が出てきます。時計を押すと車が動き出します。さらに「車を5回す」を付け加えると円運動をします。

[図3-2]配布プリント

次に新しいプロジェクトとするキャンバス上にオブジェクトとして車を描く。その際に、絵を描く行為に時間がかかり過ぎぬように注意した。また、一斉授業の形式のため、どうしても早く完成する生徒、途中で躓く生徒がいた。机間巡視の際、早く完成した生徒には、となりの生徒にヒントを与えるなどの指導を行った。

3.4 第三回授業

2.3 節で示された問題解決の授業を行った。この回は、二人一組でグループを組み、授業を

行った。生徒には虫の説明、及び、虫にたいするプログラム例(右に曲がる→90度回す)などをプリントにまとめ与えた。そして、第一回と同様に、事前にゴールに向かうための方略を考え記入し、その後プログラムとして表現するように指導した。そして、作成したプログラムの実行が終わった後、結果が成功・失敗だったか、またその原因について考えさせ、その考察結果の記入を行った[図3-3]。

1. どのようにすれば虫をゴールまでいくようにできるか話し合ってみよう！

アリの前にセンサーが壁に当たっているかどうかが調べて
 触れていたら センサーが壁に 触れていたら 90°回す
 - いなかから
 センサーが壁に 触れていたら 90°回す
 * いなかから...?

...いなかから...?

2. 1で考えた方法はどうか実際に確認しよう。

思い通りに虫を動かすことができましたか？

はい いいえ

成功？失敗？その理由はなんだとおもいますか？

☆のところかわからなから

[図3-3] 生徒作成プリント

成功したグループには、少し複雑な迷路を与え、同じプログラムでゴールに到着するかを確認させた。この実践授業では、約半数のグループが解説を行う前に、ゴールに到着するプログラムを作ることができ、複雑な迷路でもゴールに向かうことが出来た。

4章 アンケートによる評価と考察

4.1 アンケート結果

三回の授業後、生徒に対してアンケートを行った。表1にアンケート結果の分布割合を示す。(各4段階評価 有効回答数 156件)

また「今後も Squeak でのプログラミングを行っていききたいか」との問に対し、
[はい:135人 いいえ:6人]との回答が得られた。

表1 アンケート結果

	4	3	2	1
問1	39.4	41.3	12.9	6.5
問2	24.7	20.1	37.7	17.5
問3	41.9	45.8	11.6	0.6
問4	33.5	49.7	14.2	2.6
問5	9.1	22.1	41.6	27.3
問6	28.6	54.5	15.6	1.3

(単位:% 小数第二位四捨五入)

- 問1: アルゴリズム=問題解決の手順を考えられたか
 問2: 自分たちの思い通りに虫を動かせたか
 問3: この三回の授業で「アルゴリズム」が理解できたか
 問4: Squeak を利用し、制御を理解できたか
 (4:出来た 3:やや出来た
 2:やや出来なかった 1:出来なかった 問1-4 共通)
 問5: 虫や車を動かすプログラミングは難しかったか
 (4:簡単だった 3:やや簡単だった
 2:やや難しかった 1:難しかった)
 問6: 今後、授業外でもアルゴリズムの考えが活かしていけそうか
 (4:活かせる 3:やや活かせる
 2:あまり活かさない 1:活かさない)

4.2 考察

上記 4.1 節のアンケート結果において、問1、問3、問4において、4段階評価で80%以上の出来た・やや出来たとの回答が得られた。これらの問は、アルゴリズムや制御などの概念的な理解を問うものであり、このカリキュラムを用いた授業が、概念的な理解の形成に有効であったと考えられる。しかしながら、問2、問5に対してはあまり良い結果は得られなかった。これらは、プログラム自体の習得の程度を問うものであり、生徒がプログラムに対しては、理解がまだ不十分であると感じているのがわかる。しかし、今後の Squeak でのプログラミングに対して、積極的な回答が多数得られたことから、単なるプログラムの苦手意識ではなく、さらに時間

をかければプログラムの理解に対しても学習を深めていけると考えられる。また、問6の「アルゴリズムを授業外でも活かしていけそうか」に対して、活かせる、やや活かせるとの回答が83%得られたことから、授業を通し、手順を考えるということが生徒自身に身につく、その必要性を感じたと考えられる。

5 まとめ

本研究では、「ことだま on Squeak」を用いた中学校技術・家庭科の技術分野「プログラムによる計測と制御」のカリキュラム、及び授業実践について述べてきた。4.2 節で述べた、実践授業に対する生徒の評価として、アルゴリズム・制御の概念的な理解の形成や、プログラムに対する考えなどに対し、一定の評価が得られた。しかし依然として、十分な信頼性があるとはいえず、考察すべき課題があり、以下にそれを記す。

① 計測に関するカリキュラムの不足

今回、「プログラムによる計測と制御」のカリキュラムを提案したが、「計測」の内容は、擬似的なセンサーを用いた色の判別のみとなっており全体的に不足していることがいえる。Squeak を用いた計測の例として、マイクロフォンや光センサーを用いて現実世界を Squeak 上に取り込んだ「世界聴診器」での実践例がある(阿部和広ら[9])。これらは実際の装置を用いているが、これらの考えを参考に、今後 Squeak 上で計測の学習を深められるようなカリキュラム改善が必要である。

② プログラムに対する理解不足

全三回の中で実際に生徒がプログラムを行ったのは、第二回以降であった。そのため 4.2 節にあるように生徒のプログラムに対する理解の

不十分があげられている。この理由として第一回では、Squeak はマウス操作しか必要とせず、プログラミングは第二回以降でのみ行ったことが考えられる。今後、時間数を変えずに、改善を行う場合、第一回と第二回授業を入れ替え、並び替えの際も、プログラムを生徒自身が作る教材を作るなどのプログラムにふれる機会を増やすなどの改善が必要であると考えられる。

③ ロボットを使った学習との比較

実際のロボットを用いた学習との理解の差については今回比較する事が出来なかった。今後、同じ授業内容で Squeak を用いて行う場合と、ロボットを用いて行う場合、また座学のみの場合などの様々な比較研究を行い、生徒の理解や学習の深度の比較が必要であると考えられる。

④ 教材の使いやすさの研究

生徒の自由記述、特に教材として Squeak を用いた第一回授業において「使い方が難しい」との記述が見られた。実際の生徒の行動を予測した上での教材作成を心がけ、改善していく必要と考えられる。

以上を今後の課題とし、この研究を終える。

謝辞 この研究を行うにあたり、多くのご意見を戴いた東京学芸大学附属竹早中学校の浦山浩史教諭をはじめ、多くの先生方に深く感謝いたします。本論文の査読者の方々には、論文を精読していただき、有益なご指摘をいただきました。皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 中学校学習指導要領解説 技術・家庭科編, 文部科学省
- [2] 新編新しい技術・家庭 技術分野, 東京書籍,2010
- [3] 技術・家庭[技術分野], 開隆堂,2010
- [4] 西ヶ谷 浩史, 兼宗 進, 青木 浩幸, 紅林 秀治,2008,“アーム付き自律型移動ロボットを使った授業実践”,情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告 2008(13), 17-23
- [5] 鎌田 敏之,2009,“教員養成におけるロボットを用いた計測制御の授業実践”,情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告, 2009-CE-99(11), 1-6
- [6] 荒木 恵,岡田 健,大岩 元,2007,“小学校におけるオルゴールと「ことだま on Squeak」を用いたプログラミング教育の試み”,情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告 2007(12), 69-75
- [7] 吉正 健太郎,上野山 智,高田 秀志,酒井 徹朗,2004,“数学的・科学的概念の習得を目指した GUIプログラミング環境 Squeak Toys による教育実践”,日本教育工学会大会講演論文集 20, 737-738
- [8] 大岩 元監修, 松沢芳昭・杉浦 学編著,2008 “ことだま on Squeak で学ぶ論理思考とプログラミング”,イーテキスト研究所
- [9] WorldStethoscope Swiki,
<http://swikis.ddo.jp/WorldStethoscope/1>