

ロボットを利用したプログラミング学習支援の試み

税所 幹幸

1. はじめに

コンピュータのプログラミングは、コンピュータを利用して仕事をさせる場合には必要不可欠である。このプログラミングの演習は、コンピュータのディスプレイを見ながらプログラムを作成し、コンピュータ上で作成したプログラムを実行してその結果をディスプレイに表示させ、プログラムがうまく動作するかを確認している方法が、一般的である。特に、文系学部の学生は、プログラミングの学習を進める場合、数学的な思考が必要だと考えており、プログラミング演習に対する取りかかりに苦労している。

これまで、大学の情報系学科いわゆる理系の学生に対するプログラミング教育導入体験としてLEGOロボットを利用した報告がなされている^[1]。この報告は、大学の情報系学科（理系）に対する学生の演習で、比較的高度な演習内容を含んでいる。また、このロボットを利用したプログラミング演習は、従来のプログラミング演習方法と比べて、作成したプログラムの動きがロボットの動きとして確認できるので、コンピュータのプログラミング演習の導入教育には有効であると報告されている。

この報告による方法は文系の学生に対するプログラミングの演習内容としては難度の高い内容となっている。そのため、文科系学生用のためのロボットを利用したプログラミング演習内容を検討・実施し、プログラミングの導入教育として利用できるかどうか、学生に対するレポート調査を実施したのでその結果を報告する。

学生のレポートによると、この演習方法は、プログラムを作成した後、ロボットを動かすことにより作成したプログラムの内容を確認できるので、楽しみながらプログラミング演習ができ、プログラミングの導入教育として利用可能であると答えている。

2. プログラミング教育（学習）方法について

従来のプログラミング教育では、プログラミング言語の文法を学習しながら、その文法に関連した課題を与えられ、プログラミング作成を学習する方法が一般的である。この方法では、プログラム言語の文法の学習に偏り、問題を解決するためのアルゴリズムの考え方がおろそかになりがちである。

プログラムは、3つの基本構造（順次構造、条件分岐構造、反復構造）から構成されている。そのため、各基本構造を学習した後にその構造に係る課題を提示し、実際プログラム言語を利用して自分が考えたアルゴリズムが正しいかどうかを確認する演習方法がよいと考える。その理由は、従来の方法ではプログラミング言語の文法の学習に注意が行くため、プログラミングに重要なアルゴリズムがおろそかになりやすく、プログラム作成の取りかかりが困難となるのではないかと考えるからである。

3. ロボット（車）を利用したプログラム演習

ロボットを利用したプログラム演習による利点をまとめると以下のようになる^[2]。

3.1 問題解決能力と論理思考の育成

この演習は、車の組み立てとプログラム作成演習により問題解決能力および論理思考の育成が図れる。このロボットの組み立てでは、車のタイヤをどのタイプ（普通のサイズ、大きなサイズ、キャタピラーなど）を選択するかにより、ロボットの進行速度に若干影響があるため、学生は、自身で組み立てた車をプログラムでどのように制御できるのかを考える必要が出てくるので、論理的思考の育成が図れる。

また、車を動かす方向は、光センサーから取り込んだ黒色や白色の明るさの値により、左右にコントロールすることになる。この光センサーは個々のセンサーで読み取る明るさの値が異なるので、車に利用する光センサーにより、各自のプログラムを考慮する必要も出てくる。

3.2 体験的学習

プログラムを作成してロボット（車）を動かすので、プログラムの動きをロボットの動きで確認することが可能である。したがって、ロボットの動きをみることでプログラムの問題点や改善点を見つけ出し、プログラムの修正を行うことになるので、プログラム作成の体験的学習が可能となる。

従来のプログラム演習は、コンピュータの画面を見ながらプログラムを作成する方法が一般的である。この方法は、出力結果を見ることでプログラムができていないかどうかを判断することになるので、演習内容によってはわかりづらい面を持っている。これに対して、ロボットを使ったプログラム作成学習は、作成したプログラムにしたがってロボットが動くので、問題点や改善点をイ

メージしやすい利点がある。

3.3 プログラム言語

LEGO マインドストームを利用したプログラム学習では、C 言語や Java 言語などのプログラム言語が利用可能となっているので、学生は学習したい言語を選択できる利点がある。

4. 授業内容

平成22年度の3年生に実施した授業内容について、演習方法と演習内容を紹介する。

4.1 演習方法

(1) 班構成

平成22年度の演習の人数は7名で、一班2名構成として3グループと一班1名のグループに分けて実施した。協調学習を進めるためにグループで協力して一つのプログラムの作成を実施させた。

(2) プログラム言語

演習に利用したプログラム言語はJava言語である。この言語を採用した理由は、将来卒業研究でシステムを開発する場合に役立つ可能性があることと、ゼミ生がこの言語を勉強してみたいとの要望があったためである。

4.2 演習内容

平成22年度の演習は表1に示すように、9回（1回当たり90分）実施した。その内容は、車を動かすための一連の利用方法（プログラム記述のためのエディタ、プログラムのコンパイル方法、ロボットへのファームウェア転送方法、ロボットへのプログラム転送方法、実行方法など）の説明と、プログラム作成に

必要となるプログラムの3つの基本制御構造について段階的な説明を実施した。3つの基本的なプログラム構造を意識させ、また、基本的なロボットの動作(左に曲がる・右に曲がる・前進するなど)のプログラム作成から段階的に進め、さらに光センサーの取り扱いについてプログラム演習を実施した。その後、最終的な目標である楕円の黒色ライン(図1)をトレースさせるプログラム作成へと進めた。実施した回ごとの授業内容を表1にまとめた。

表1. 授業の実施内容

回数	項目	内容
1	ロボットの組立	ロボット(図1参照)を組立てる
2	ロボットを動作させるための一連の作業手順の説明および試行	コマンドプロンプトの使い方・メモ帳によるJavaプログラム作成・コンパイルの方法・車へのファームウェア転送・プログラム転送・実行
3	プログラムの基本構造(逐次・繰返し構造)	左に回る・右に曲がる・前進する
4	動作時間の制御	5秒間左に回る(右に回る・前進する)
5	光センサーの使い方	光センサーによる白および黒の値の読取り
6	プログラムの基本構造(分岐構造)	光センサーを利用して黒の値で車を止める
7	トレースプログラムの作成	楕円コースの走行プログラムの作成
8		
9		



図1. ロボット（車）とライトレース用シート

5. 実施結果

4. の授業内容を実施した後、ゼミ生にレポート調査を行い、本研究の評価をおこなった。

5.1 演習の進め方について

演習は、4.2で示した演習内容に沿って段階的に進めたので、比較的順調にプログラム演習が進んでいった。

LEGO マインドストームを利用したプログラミング演習では、メモ帳などのエディタでプログラムを記述し、コマンドプロンプトを使うことにより Java プログラムをコンパイルし、その後、ロボットにプログラムを転送してロボットを動かし、ロボットの動きを確認している。一部のDOSコマンドを利用するため、ゼミ生がその操作方法になじむかどうか当初心配したが、回を重ねるごとにDOSコマンドの利用には慣れてきて問題はなかった。

一方、プログラム演習は、ロボットの基本的な動きに応じて段階的に3つのプログラム構造（逐次・条件分岐・繰返し構造）を説明しながら、プログラム

作成を進めていった。

ゼミ生の意見では、「ロボットを動かすための一連の利用方法を行い、基本的なプログラム構造についての説明後、ロボットの基本的な動き（左に曲がる・右に曲がる・前進する）を確かめながら、プログラム演習が実施されたので理解しやすかった。」と答えている。

5.2 演習の時間数について

表1に示したように、平成22年度は9回実施した。ほぼ全員のゼミ生が演習の時間数は十分だと答えている。グループにより進行の度合いが異なったが、最終的にはすべてのグループが演習の目標である、ロボットが楕円の黒色ラインをトレースするプログラムを完成させた。

ゼミ生の意見では、「サンプルのプログラムを理解できる時間がもっと増えると、より高度なプログラミングができたのではないか」という意見もあった。全体の演習の進行速度は、プログラムの作成に慣れた学生がゼミ生の中に存在すると、比較的速くなる傾向がみられた。これは、それらの学生がプログラムに不慣れな他の学生に対してアドバイスを行うためだと考えられる。

5.3 演習の課題であるライントレースについて

4つのグループとも演習の課題である黒色ラインの楕円コースをロボットが周回するプログラムを完成させた。しかし、グループごとにロボットのスピードや周回する時間には差が見られた。特に、車輪の形によりロボットのスピードが変化していた。車輪が大きい場合は車輪の抵抗が小さいためか比較的ロボットのスピードが速く、ロボットを制御するのに苦労していた。

さらに、もっとも進度の速いグループは楕円コースのトレース以外に、一定時間が経過した後、進行方向を逆に走行するプログラムを作成する、応用的な学習も見られた。

5.4 達成感について

当初は、ロボットの動きとプログラムとの対応がうまくいっていないグループも見かけられたが、ゼミ生たちは回をこなすごとにロボットとプログラムの動きを理解していった。また、ゼミ生たちは、徐々に楕円の黒色ラインをロボットのトレースができるようになり、時間を忘れてプログラム作成を行っていた。

ゼミ生によると、「組み上げたロボットを動かすということは、『プログラムした』という実感が大いに得られ、非常に楽しかった。」「いろいろと苦勞することもあったのですが、ロボットが自分たちの思い通りに動いた時はとてもうれしかったです。」「夢中で取り組む中で、ロボットを動かす喜びを感じることができ、ロボットが動いた時はうれしくて夢のようでした。」などの感想を述べている。このことから、実際ロボットを自分の思い通りに動かす体験は達成感を持たせることができた。

5.5 班分けについて

平成22年度のゼミ生は7名（男6名、女1名）で、2名からなる班が3つと1名からなる班が1つの計4つの班に分けて実施した。2名からなる班ではお互い協力し合いプログラムを作成させた。

比較的プログラムができる学生と苦手な学生の2名からなる班の中には、プログラムができる学生がほとんど作成し、苦手な学生はできる学生に依存している傾向もみられた。

5.6 プログラミングの導入教育に有効か

プログラミングの導入教育にロボットを利用することが有効かどうかを、ゼミ生に尋ねると、有効であるとの意見が多かった。

ゼミ生によると、「ロボットを動かすことは学習意欲を掻き立て、学生のやる

気を引き出せると思うので、プログラム教育の導入部には非常に有効だと思う。」「プログラムを作成し、コンパイル・実行するという一連の流れ、Java 言語の基本的構造（if、while など）の使い方を学ぶことができたから。」「プログラミングはとても地味な作業なので、この演習のように楽しみながら作業することでプログラミングを学ぶ意欲も向上すると思う。」「プログラミングの構造を楽しみながら理解でき、プログラムを作成し実際にロボットを動かすことにより、成功体験として次に活かしていける。」「自分は従来型である無形のプログラミング（演習方法）があまり好きでなく、そこまで身を入れてなかったが、この演習のようにLEGOで組み上げたロボットを動かすというのは、『プログラムした』という実感が大いに得られ、非常に楽しかった。」などとレポートにまとめていた。

一方、「実際に、プログラミング教育の初めの課題として演習するとしたら、全くの初心者にとっては難しいと思うので、工夫をする必要がある。」という意見もあった。

5.7 問題解決能力育成に有効か

この演習が問題解決能力育成に有効かどうかを尋ねると、ほとんどの学生が有効であると答えている。

「実際に（ロボットを）動かすことで、どういった問題が起こるのかをみることができるし、それを解決するためにはどうしたらいいかを考えて実行を繰り返すので。」、あるいは、同様な内容であるが、「プログラムを作ってロボットを動かすことにより、そのプログラムがあっているのかどうかを確認できるので、ロボットが想像していない動きをすれば、その動きを修正するためにプログラムを修正することになるため。」と記述している。

ゴールである楕円コースのトレースを達成するには、ロボットをどのようにコントロールするのかなどを検討して進めていくことになり、ロボットがコー

スを外れるなどの問題が発生した場合に、どのように解決していくかなどを検討するため、限られた範囲ではあるが、問題解決能力育成に有効だと考える。

6. まとめ

5. で述べた学生のレポート結果により、以下のことがいえる。

(1) 演習の進め方で、プログラミングに必要な基本的な内容を段階的に進めたことは良い評価が得られた。

演習では、プログラム作成の考え方や、ロボットを動かすための手順を理解し実践する必要があるので、それらの手順を段階的に説明した。このロボットを動かすためには、MS-DOS 環境を一部利用する必要があるので、文系よりの学生が説明を受け実践できるか、当初心配したが、回を重ねるにつれて学生たちはその操作に慣れていき、特に問題はなかった。

(2) ロボットを利用したプログラム演習はプログラミングの導入教育に効果がある。

授業を受けている学生の様子を観察すると、楽しみながらプログラム作成を進めていた。プログラムの内容がロボットの動きとして確認できるので、プログラミングの導入教育として十分利用できるであろう。

(3) ロボットを利用したプログラム演習は、限定的ではあるが、問題解決能力育成の一つの訓練となりうる。

楕円コースをトレースする課題では、与えられた条件によりどのようにロボットをコントロールしていくか、を考えることになり、限定的な範囲ではあるが、問題解決のための演習となりうることが分かった。

一例をあげると、ロボットをコントロールして黒色ラインの楕円コースをトレースする場合、ロボットがこの楕円コースを左回りに進むか、右回りに進むかでロボットをコントロールするプログラム内容を変更しないとけな

い。また、黒色ラインの楕円コースの外周を進むのか、内周を進むのかで、プログラムを考える必要がある。

(4) 各自プログラムを作成した方がよい。

今回は、ゼミ生の人数から2名からなる班と1名からなる班構成となったが、2名の班ではお互い問題を解決するために協力し合えたことは良かった。しかしながら、2名の班構成の中には、プログラミングが苦手な学生が、それを得意とするメンバにプログラミング作成を頼りがちになる傾向がみられた。プログラミングの学習を進めるには、各自でプログラムを作成させた方が良いと考えられる。

7. おわりに

プログラムの動きがロボットの動きで確認できるので、文科系よりの学生に対してプログラミング学習の導入教育にロボットを利用することは有効であると確認できた。さらなるプログラミングへのモチベーションを上げるためには、例えばライトレースの走行時間を競うコンテストを実施することも考えられる。

参考文献

- [1] 加藤 聡, 富永 浩之, “初心者への LEGO プログラミング導入体験の実践報告”, 情報教育システム学会第34回全国大会論文集, 2009
- [2] (株)アフレル編集, “実習 ロボットと情報技術 - REAL シリーズ Java 言語編 ティーチャーズガイド”, (株)アフレル