

中学生が作成したプログラムの 分析による指導法の改善

Improvement of Teaching Method by Analysis of Program
that Junior High School Student Made

山本 利一／林 俊郎／小林 靖英／牧野 亮哉

日本教育情報学会誌「教育情報研究」
第21巻第1号 2005, p.15-26 別刷

中学生が作成したプログラムの 分析による指導法の改善

Improvement of Teaching Method by Analysis of Program
that Junior High School Student Made

*1 *2 *3 *4

山本 利一／林 俊郎／小林 靖英／牧野 亮哉

本研究の目的は、プログラム学習に関するカリキュラムや指導法の改善の基本的知見を得るため、中学生が制作したプログラムを時系列に沿って分析した。その結果、比較的プログラム作成能力の高い生徒は、適切な時期に新しい知識や技能の指導が必要で、生徒の思考に対応する支援が重要であることが示唆された。また、学習の定着が十分でなかった生徒への支援として、コマンドの意味や使い方を定着させるために、学習した内容を再確認する学習プリントや、新しいプログラムに取りかかるための、段階を踏んだ課題を設定することが重要であることが明らかとなった。

<キーワード>

プログラム、計測制御学習、カリキュラム、技術科

1. 緒言

中学校における情報教育は、主として技術・家庭科の「情報とコンピュータ」で基本的な事柄が学ばれる。学校現場では、学習指導要領^[1]が改訂されたことにより、それらに準じた「情報とコンピュータ」のカリキュラムの開発が求められている^[2]。その中でも、発展的課題である「(6)プログラムと計測・制御」を課題とする学習題材は、教科書^{[3],[4]}の記載もごく一部に限られており、それらの研究は十分ではない^[5]。そこでこれまでに、簡単なプログラムの作成を通してロボットを制御する題材とし

て、LEGO MindStormsTM^[6]とROBOLABTM（以下、ロボラボと記す）を活用した、カリキュラムを開発し、授業実践を進めてきた^{[7],[8]}。本研究は、授業実践で中学生が作成したプログラムを分析することにより、生徒の思考過程を推察し、指導方法やカリキュラムの改善を図る基礎的な知見を得ることを目的とした。

2 調査条件

2.1 調査対象実践期間

2002年8月に実施した。

2.2 調査対象者

福井県で2日間実施した「LEGO MindStormsTM教室」^[9]に参加した中学生19人（男子17人、女子2人：第1学年12人、2学年6人、3学年1名）の中から、光センサを活用した課題を短時間で解決でき、また、複数のプログラムを作成できた生徒（以後、能力の高い生徒と記す）を5人、光センサを活用した課題をクリアできなかった生徒、もしくは、課題を解決できたが教師の示した基本プログラムと差異が認められなかった生徒（以後、学習の定着が十分でなかった生徒と記す）5人を調査の対象とした^[10]。

2.3 学習内容

学習内容は、「LEGO MindStormsTMを活用した計測・制御」の12単位時間（50分×12）のカリキュラム^[11]。

論文受理日：2004年12月6日

*1 YAMAMOTO Toshikazu：埼玉大学教育学部（〒338-8570 さいたま市桜区下大久保255）

*2 HAYASHI Tosirou：埼玉大学教育学部（〒338-8570 さいたま市桜区下大久保255）

*3 KOBAYASI Yasuhide：永和システムマネジメント（〒918-8231 福井市問屋町3-111）

*4 MAKINO Ryoya：福井大学教育地域科学部（〒910-8507 福井市文京3-9-1）

[12]の中から「ライトレース」の3単位時間(50分×3:150分)で作成したプログラムを調査の対象とした。

3 分析

3.1 プログラム分析の手続き

プログラムの分析は、生徒が作成したプログラムを保存されている時間経過を追って分析を行った。

分析の手順は、(1)プログラムのコマンドアイコンに番号をつけ、(2)それぞれのアイコンがどういった動作を目的としているかを分析し、(3)その結果をもとにロボット動作図を作成する、(4)これらを基に、生徒がどのような発想でプログラムを作成しているのかを推察した。その際、プログラムの作成もしくはプログラムの修正にかかった時間と、プログラム作成の延べ時間、授業場面を撮影したVTRから得られた指導者の発言などを参考に、カリキュラムや指導方法の改善に役立つ事柄を検討した。なお、(1)のプログラムのアイコンに付けられた丸囲み番号、(2)の本文中の丸囲み番号、(3)の動作図の丸囲み番号は、関連するように書き示した。

下記に、生徒のプログラムの分析結果として、製作時間、プログラム、動作図の一例を示す。なお、生徒A、Bはプログラム作成能力が高く、教師の示した基本プログラム以外に、同一課題に対して複数の応用的なプログラムを作成した事例である。また、生徒Cは学習の定着が十分でなかった生徒で、これらのプログラムは、教師の示した参考プログラムと同じ、もしくは、光センサの値が異なるだけであったので、本稿ではその代表的なものを選択して記載した。

3.2 比較的プログラムの作成能力が高い生徒の制作過程1(生徒A, 中学1年生, 男子)

1)プログラムA1(図1:作成時間45分, 延べ45分)

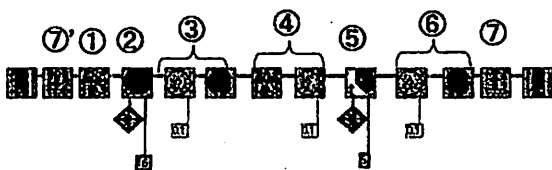


図1 プログラムA1

生徒Aは、ロボラボを使用した経験があり、授業風景からもプログラム作成をスムーズに行っていた。生徒Aは、最初にコース内側をライトレースするプログラムの作成を行っている。プログラムの分析を基に作成したロボット動作図を図2に示す。

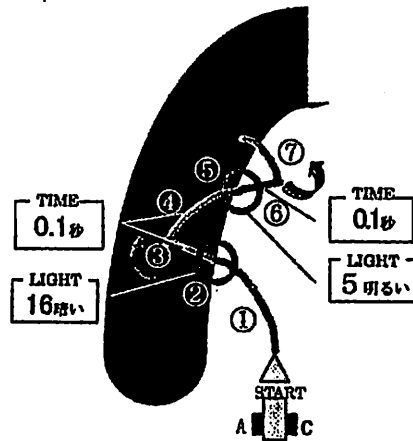


図2 プログラムA1のロボット動作図

①コース内側のモータC(以後、右側モータと記す)を順回転させる。

②ライトセンサの数値がスタート時の数値より16小さくなれば次の命令に移る。これは、黒色ライン(以後、ラインと記す)をロボットに認識させる命令である。

③ロボットがラインを認識してから0.1秒間は、右側のモータを回転させ走行を続けた後、モータを停止させる。これは、ロボットがラインを読み取った結果をもとに、次の動作(モータの停止)に移るとロボットの走行距離が短く、センシングの回数が多くなる。ライン上を走行する距離を長くすることで、ロボットのセンシングの回数を少なくし、ライトレースにかかる時間を短縮することをねらいとしている。

④コース外側のモータA(以後、左側モータと記す)を0.1秒間順回転させる。これは、③において右側のモータが0.1秒間ライン上を走行しているので、コードの白色部分にロボットを戻すための命令である。

⑤ライトセンサが②で読み取った値より5大きい値を読み取ったら次のコマンドへ移る。これは、コース内側の白色を認識させようとしている。ラインとの比較値とし

て5を入力したのは、コースのムラや光のあたり具合を意識したためであると推察される。この数値が小さすぎるとコート部分にロボットが移動する前にライン上に起こる明るさのムラなどを光センサが感知する可能性がある。

⑥光センサが明るさを感知した後、左側のモータを0.1秒間順回転させる。これは、ロボットがコート部分を0.1秒間前進することで、③と同じくセンシングの回数を減らすことを目的としている。

⑦⑦へ戻り、ループを形成する。①～⑥間のプログラムを繰り返す。これは、ロボットは車体を左右に揺らしながらラインとコートをセンシングしながら前進するもので、生徒Aは、このプログラムを作成するのに約45分間を要した。

2)プログラムA2(図3、作成時間20分:延べ65分)



図3 プログラムA2

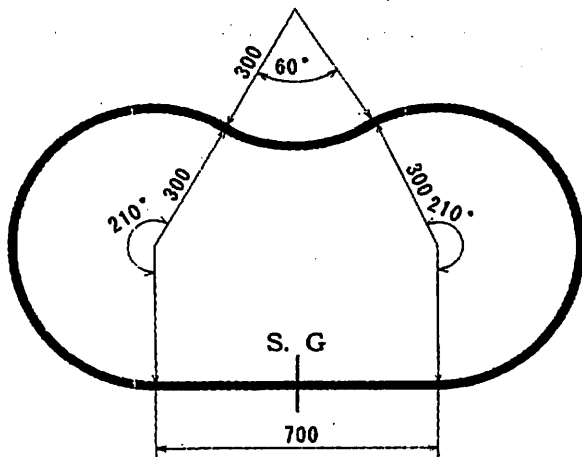


図4 コース図

生徒Aは①と②のアイコンを追加している。

- ①左右のモータを順回転させる。
- ②モータの回転を停止する。

今回使用したコースを図4に示す。このコースは、ス

タートから最初のカーブまでは、一直線であるので、スタートから最初のカーブまで、ロボットにラインレースを行わせないで直進させ、走行時間の短縮をねらっている。しかし、①のコマンドは、時間を制御するためのコマンドがないために、プログラムが開始してすぐに②のコマンドへ移ってしまい、ロボットは直進することなくラインレースをはじめてしまう。

3)プログラムA3(図5:作成時間5分、延べ70分)



図5 プログラムA3

①2秒間のウェイトコマンドを追加。

プログラムA2の問題点に気がつき、スタート後2秒間ロボットが直進してからラインレースを開始するプログラムに改良されている。生徒Aのねらいとするプログラムが完成している。

4)プログラムA4(図6:作成時間8分、延べ78分)

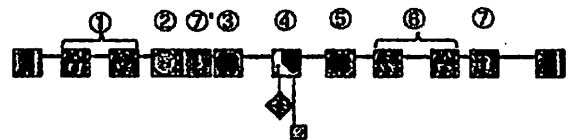


図6 プログラムA4

- ①左右のモータを順回転させる。
- ②2秒間動作させる。これは、スタートしてから2秒間ライン上を直進する命令である。
- ③右側のモータを停止させる。
- ④光センサがコマンド③の時に読み取っていた値より23高い値を読み取ったら次のコマンドへ移る。これは、ロボットをラインの内側に移動させ、光センサでコートの白色部分を認識させる命令である。
- ⑤左側のモータを停止する。
- ⑥左右のモータを順回転させる。
- ⑦⑦へ戻り、ループを形成する。

生徒Aは、これまで同様コース内側をライトレースするプログラムの作成を行っている。しかし、このプログラムでは、ロボットをライン上からスタートさせるように変更している。また、⑤、⑥のコマンドは、ロボットをライン上に戻すことを目的としている。しかし、このプログラムでは⑥の右側のモータを回転させる命令が、⑦のジャンプコマンド(ループ)により瞬間的に③の右側のモータを停止する命令に移るため、機能しない。さらに、ループ後のライトセンサのコマンドは、コート部分よりさらに23大きい値を読み取らないと⑤のコマンドに移らないために、結果としてロボットは2秒間走行した後、その場で右回りをはじめてしまう。

5)プログラムA5(図7:作成時間10分,延べ88分)



図7 プログラムA5

①のウエイトコマンドを追加。これは、光センサがコートを認識してから0.1秒間左側のモータを回転させ、次のコマンドに移動する命令である。プログラムA4がうまく動作しなかったため、同プログラムの⑤以降のコマンドを修正する途中で保存したものである。

6)プログラムA6(図8:作成時間5分,延べ93分)

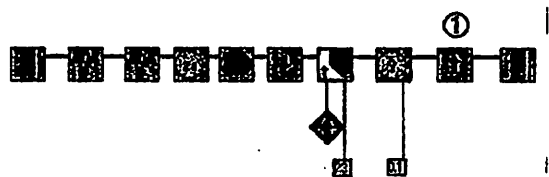


図8 プログラムA6

①のジャンプコマンドを追加し、ループの環境を元に戻している。プログラムを改良している途中、コマンドの動きを確認するために作成したプログラムである。

7)プログラムA7(図9:作成時間10分,延べ103分)

記録のVTRより、ロボットをライン上からスタートさせ、コース内側をライトレースするプログラムは正しく動作

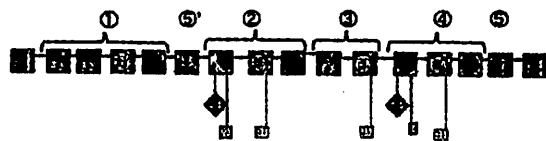


図9 プログラムA7

していた。しかし、そのプログラムが保存されていなかったため、図9に示すプログラムA7は、その動作を取り筆者らが作成したものである。

①ロボットは、スタート後ライン上を2秒間走行し、右側のモータを停止する。

②ロボットをコート部分に移動させ、光センサがライン上より23大きな値を感知して、さらに0.1秒間左側のモータは回転を続けて停止する。

③右側のモータを0.1秒間回転させる。

④光センサがコート部分より5小さい値を感知してから、さらに左側のモータは0.1秒間回転を続けて停止する。

⑤⑤へ戻り②、③、④の動きを繰り返し、コース内側をライトレースしながらロボットは走行する。

8)プログラムA8(図10:作成時間20分,延べ123分)

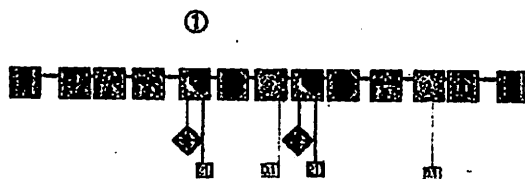


図10 プログラムA8

新しいプログラムとして、生徒Aはラインの外側と内側を交互にセンシングして走行するプログラムの作成を行っている。このプログラムでもロボットはライン上からスタートさせる。

①ライン上を走行して、カーブでコース外側のコート部分に出る。その時、光センサの値が21より高い値を示すと右側のモータを停止する。これは、ロボットがコースから外れた後、左側のモータを0.1秒間回転させロボットをライン上へ戻す。0.1秒間のウエイトコマンドを活用しロボットをライン上に戻さないと、次のコマンドにより光センサが再度ラインを外れた地点のコート部分を読み

取ってしまう。ここで使用されている光センサコマンドは「明るくなるまで待つ」であり、指定した数値の値を光センサが読み取るものである。生徒Aは、プログラムA7まで使用していた「今より明るくなるまで待つ」コマンドと同じ役割だと考えて使用したと推察される。明るさの数値21は、かなり低い値のため、コースのどのライン上の位置でも明るさは35前後で、光センサの値はこれを超えてしまう。結果的に、ロボットはコースに関係なく0.1秒間隔でジグザグの動作を行いながら少しずつ前に進む動きを示す。

9)プログラムA9(図11：作成時間7分、延べ130分)

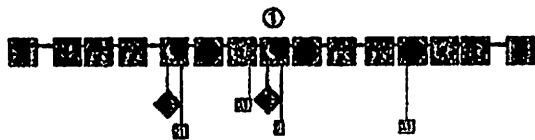


図11 プログラムA9

①光センサの値を21から0に変更している。これは、プログラムA8同様、活用した光センサコマンド「明るくなるまで待つ」の認識が誤っている。この数値を0に変更しても動作はプログラムA8と同じである。

10)プログラムA10(図12：作成時間17分、延べ147分)

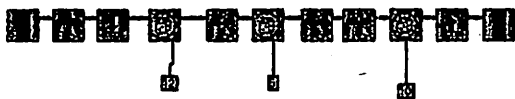


図12 プログラムA10

プログラムA9がうまく動作しない理由を見つけられないため、新しいプログラムを作成しようとしている。しかし、プログラム作成への意欲が低下しているために、ラインレースと関係の見られないプログラムを作成している。このように、比較的能力の高い生徒であっても、ある一定の時間で、解決の糸口が見つけれないと、集中力が切れてしまう。そのため教師は、一定時間ごとの机間巡視等で、生徒のプログラム作成の変化を見取り、解決の糸口が見つけれない生徒に対して、生徒の状態に応じた支援が必要である。

11)プログラムA11(図13：作成時間3分、延べ150分)

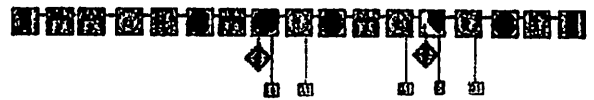


図13 プログラムA11

競技会用に使用するプログラムを作っておくようにという指導者からの指示があったため、プログラムA3を別名で保存している。

12)生徒Aのプログラム制作に関する考察

生徒Aは、最初にコース内側をラインレースするプログラムを作成した。スタートの位置を変えることで2つのパターンを作成している。VTRなどからも、ロボットを何回も試走させながら、試行錯誤を繰り返し問題を解決していた。続いてラインの外側と内側をセンシングするプログラムにチャレンジしたが、約40分程度考えた後、断念している。その理由としては、光センサコマンドの使い方(コマンドの意味と値の設定の仕方)に対する理解が不足していたためである。

これらのことから、光センサコマンドの意味や使い方を十分に指導する必要があることが明らかとなった。また、生徒自身が学習した内容を、記録・整理するような学習プリントの開発が必要であることが示唆された。

3.3 比較的能力の高い生徒の制作過程2(生徒B, 中学2年生, 男子)

1)プログラムB1(図14：作成時間46分、延べ46分)

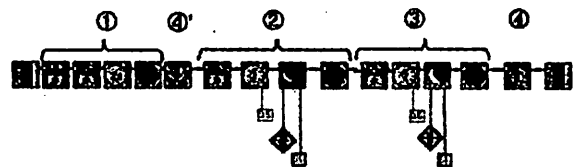


図14 プログラムB1

生徒Bは、ロボラボを使用した経験はないものの、中学校で「情報とコンピュータ」を履修しており、コンピュータの操作もスムーズで、プログラムの作成も意欲的に行っていた。

生徒Bは最初にコース内側をライトレースするプログラムの作成を行った。ロボットは、コース内側のコート部分からスタートさせていた。ロボット動作図を図15に示す。

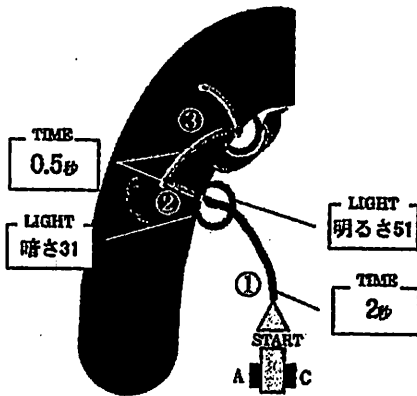


図15 プログラムB1のロボット動作図

①ロボットを2秒間走行させ左側のモータを停止する。今回使用したコースは、スタートから最初のカーブまで直線である。生徒Bは、生徒A同様にスタートから最初のカーブまでロボットにライトレースを行わせないことで走行時間の短縮をねらっている。

②右側のモータを0.5秒間動かした後、光センサに数値を読み取らせる。数値が31より小さければ右側のモータを停止する。これは、光センサでの値を適切に設定しており、このコマンドでロボットがライン上に移動したかどうかを判断している。また、ウエイトコマンドを0.5秒にすることでロボットの走行距離を長く取り、センシングの回数を少なくしている。

③左側のモータを0.5秒間回転させてから、光センサに数値を読み取らせる。数値が51より明るくなっていれば左側のモータを停止する。これは、光センサコマンドで、ロボットがコート部分に戻ったかどうかを判断している。また、左側のモータを0.5秒間回転させることで、②同様ロボットの走行距離を長く取り、センシングの回数を少なくしている。

④④へ戻り、②③の動きを繰り返す。ループ環境を作成し、コースの内側をライトレースするプログラムが

完成している。

2)プログラムB2(図16:作成時間7分,延べ53分)

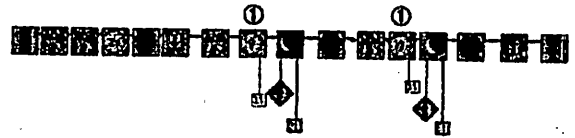


図16 プログラムB2

①モータを制御するウエイトコマンドの時間を0.5秒から0.1秒に変更。これは、時間を変化させることでロボットの走行距離とセンシングの回数を設定している。時間を短くしたことでロボットの走行距離を短くし、センシングの回数を多くしている。その結果、より正確なライトレースが行える。コースの途中にあるくぼみに対応するプログラムであると推察される。

3)プログラムB3(図17:作成時間7分,延べ60分)

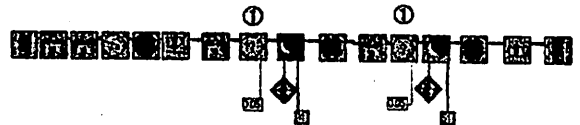


図17 プログラムB3

①モータを制御するウエイトコマンドの時間を0.1秒から0.05秒に変更。これは、モータを動かす時間をさらに短くしている。しかし、ロボラボでは有効桁数は少数第1位までとなっているため、0.05秒は0.1秒と認識されてしまう。結果的にプログラムB2と同じ動きとなり、適切な指導が必要なことが示唆された。

4)プログラムB4(図18:作成時間16分,延べ76分)

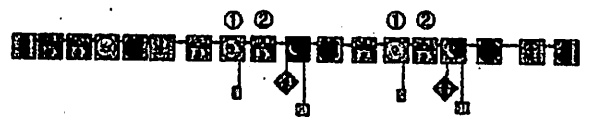


図18 プログラムB4

①モータを制御するウエイトコマンドの時間を0.05秒から2秒に変更。

②右側のモータを2秒間回転させた後、左側のモータ

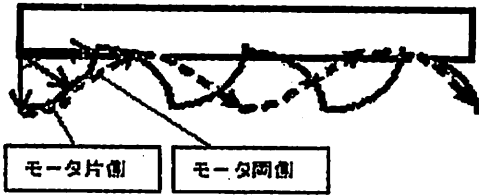


図19 ロボット動作の軌跡図

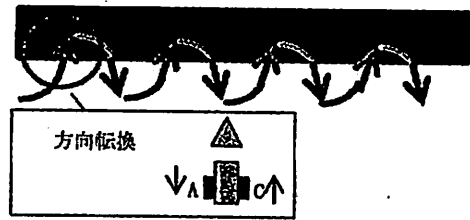


図22 ロボット動作の軌跡図

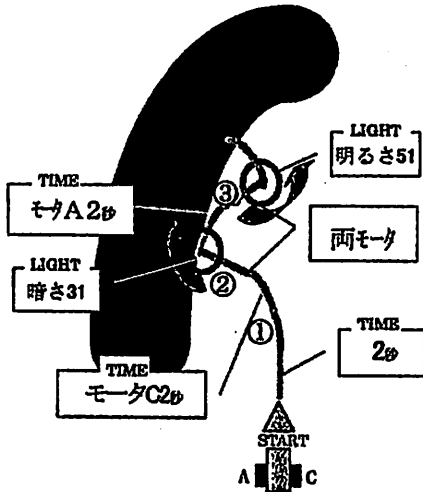


図20 プログラムB4の動作図

も回転させ直進しながら光センサを動作させる。これは、②のコマンドを追加することで、図19に示す破線の軌跡を動作する。これまでの動作軌跡(図19の実線)に比べ、よりセンシングの回数が少なく、素早い動作を可能にしているが、コース途中のくぼみに対応できるプログラムとはなっていない。プログラムB4のロボット動作図を図20に示す。

5)プログラムB5(図21：作成時間10分、延べ86分)



図21 プログラムB5

①プログラムB4の①②のコマンドを削除し、反対側のモータを逆回転させるコマンドと、それぞれのモータを停止するためのコマンドを追加している。また、逆回転させるモータのパワーレベルを1に変更している。これは、①②のように、逆回転にモータを動作させること

でロボットは、その場で方向転換する(図22)。このプログラムでは逆回転のモータが順回転のモータより回転数が少ないため、前進しながら方向転換を行うことになる。この結果、ロボットはより細かくセンシングを行うことができるようになる。しかし、逆回転のモータコマンドとストップコマンドとの間にウエイトコマンドがないため、実際は①②とも動作しない。なお、モータのパワーを変更する方法は指導していないが、自分でコマンドを発見し、プログラムを活用している。生徒の能力に応じて、新しいコマンドの指導が必要であることが示唆された。

6)プログラムB6(図23：作成時間28分、延べ112分)

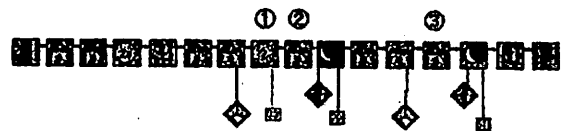


図23 プログラムB6

①ストップコマンドを削除し、0.3秒のウエイトコマンドを追加している。これは、左側のモータを0.3秒間逆回転させることで、ロボットが方向転換する。プログラムB5が適切に改良されている部分である。

②左側のモータ順回転させるコマンドを追加している。これは、このコマンドにより方向転換を行ったロボットが、前進をしてラインを探す命令である。

③右側のモータを順回転させるコマンドを追加している。これは、②と同じようにロボットに前進させるねらいがあったと思われるが、ウエイトコマンドが③のコマンドの前にないため、ロボットは方向転換することなく直進をはじめてしまう。結果として、このプログラムでは、ラ

イントレースを行うことはできず、一定の範囲で回転する動作を繰り返すプログラムとなっている。

7)プログラム B7 (図24：作成時間15分、延べ127分)

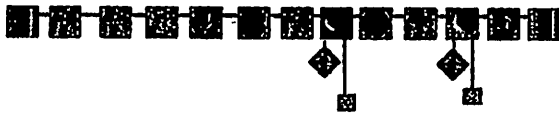


図24 プログラム B7

生徒Bは、ラインの内側をトレースするロボットの最も基本的なプログラムを再度作り出した。このプログラムを基に、新しいプログラムを作るために、このプログラムを作り保存したものと推察される。

8)プログラム B8 (図25：作成時間8分、延べ130分)



図25 プログラム B8

①ライトセンサの数値を35に変更している。これは、VTRの授業風景より、数値を変更し、テスト走行を行っていた。時間によってコースにあたる光が変化しているので、それらに対応できるように規定値を定めようとする取り組みである。

9)プログラム B9 (図26：作成時間6分、延べ136分)

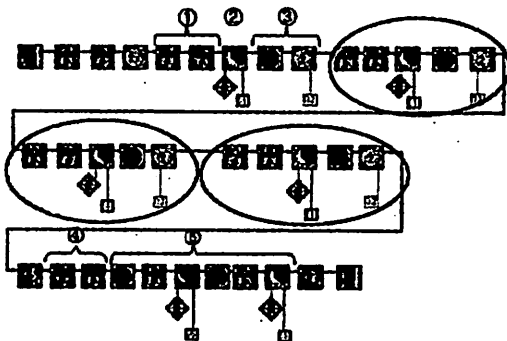


図26 プログラム B9

①ライン上からスタートさせ、ロボットを直進させる。

②光センサが51の明るさを読み取ったら右側のモータを停止する。これは、ロボットがコース外側のコートに出たことを光センサで感知する。

③左側のモータを0.2秒間動かす。これは、左側のモータを0.2秒動かすことでロボットをコース上に戻す。このときロボットがコース上に戻らないとその後のライトレースが行えなくなる。生徒は試行錯誤の結果、0.2秒という結果を得ていた。

①～③のプログラムはコースの外側をライトレースするプログラムである。このプログラムを4回繰り返した後、コース内側をライトレースするプログラムに切り替えている。

生徒Bは、コース途中にあるU字型のくぼみをクリアし、さらに走行時間を短縮させることをねらいとしている。そこで、前半部分はスタートから直進させるプログラムと、コース外側をライトレースすることで時間の短縮を行う。しかし、そのままではU字型の部分でロボットがコースから外れてしまうために、その直前でコース内側をライトレースするプログラムに切り替えようとしている。

④ロボットを直進させる。このコマンドで生徒Bは、ロボットをコース外側からコース内側へ移動させようとしている。しかし、⑤のプログラムの最初のストップコマンドも同時に働いたため、ロボットは直進しない。結果としては、動作しないプログラムであったが、ラインに対してより大きな角度で横切ることを目的としたものと推察される。わずかでも時間を短縮させようという意識が見られる。

⑤コース内側をライトレースする命令である。

10)プログラム B10 (図27：8分、144分/150分)

外側をトレースするプログラムを7回繰り返し、コース内側をライトレースするプログラムへ切り替える。生徒Bは、コース外側をライトレースするプログラムを何回繰り返せば、コース途中のU字型の入り口部分(図28)でコース内側をライトレースするプログラムに切り替えることができるのか、試行錯誤している状況である。

11)プログラム B11 (図29：作成時間6分、延べ150分)

プログラム B10をさらに改良し、コース外側をライト

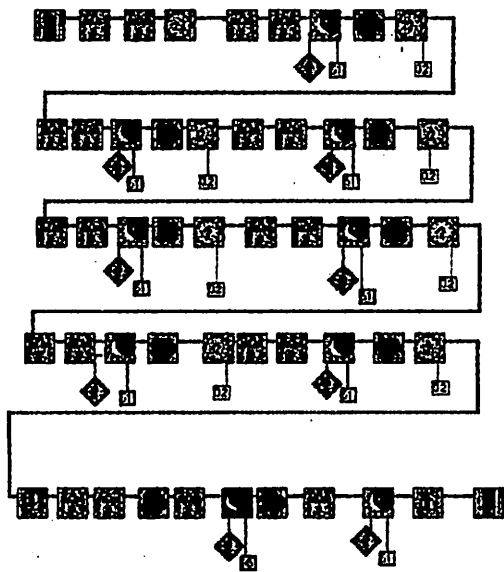


図27 プログラムB10



図28 プログラムB10のロボットの軌跡図

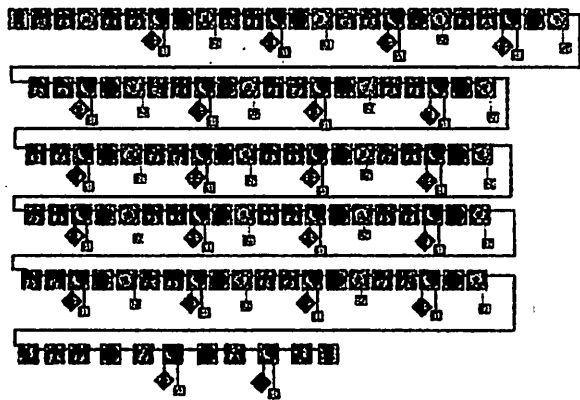


図29 プログラムB11

レースするプログラムを20回繰り返してからコース内側をライトレースするプログラムへ変更している。図28の位置でプログラムを切り替えることができる。生徒Bのねらいとするプログラムが完成している。

12)生徒Bのプログラム制作に関する考察

早い段階で、コース内側をライトレースするプログラムを完成させ、そのプログラムの問題点を考え、修正を行い、テストを繰り返すことで、より速く正確にライトレースするプログラムを完成させていた。

変形楕円コースを走行する場合には、外側ライトレースを行った後に内側ライトレースを行うという面白い発想のプログラミングをしている。走行時間の短縮とコースの走破という2つの問題を解決している。スタートから図29に示すプログラムを切り替える位置は、実際に走行させながら回数を決定していた。

ロボラボにはプログラムを繰り返す場合、その回数を指定することができるコマンドが用意されている。生徒Bの場合は、そのコマンドを教えることでより簡潔で分かりやすい(コマンド数が少なく整理された)プログラムにまとめることができたと考えられる。長すぎるプログラムは間違いを起こしやすく、また、ミスが発見しにくくなる。進度の速い生徒には、必要に応じて新しいコマンド(生徒Bにおいては、ルーチンなど)を指導する必要がある。しかし、応用的なコマンドを全ての生徒に指導すると、混乱を招くため、このような応用的なコマンドは、コマンドの意味や使用方法を説明した学習プリントにまとめ、必要のある生徒に提供することが効果的であると考えられる。

3.4 学習の定着が十分でなかった生徒のプログラムの作成過程(生徒C, 中学1年生, 男子)

生徒Cは、教師からの指示に従ってプログラムを作成することはできているが、それぞれのプログラムは教師が提示した参考プログラムと同様なものであり、応用が十分にできていない生徒である。

1)プログラムC1(図30:作成時間60分, 延べ60分)

①左側のモータと右側のモータを順回転させる。ロボットはコースのライン上からスタートさせる。プログラムC1のロボット動作図を図31に示す。

②光センサが48より大きい値を感知したら右側のモータを停止する。これは、ロボットは、光センサによってコース外側に出たことを感知する。その後、左側のモータだけが回転し続け、ロボットはコース上に戻る。

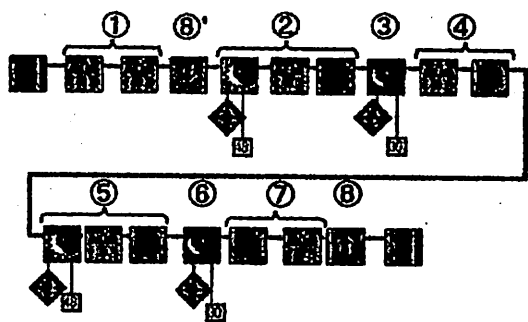
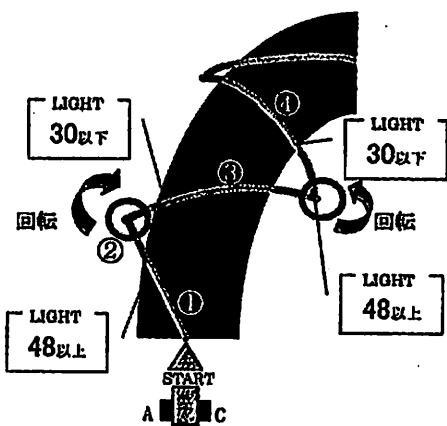


図30 プログラムC1



外側のラインに向かってスタート

図31 プログラムC1の動作図

- ③光センサの数値が30より小さい場所を感知する。
- ④光センサが数値を感知した後も左側のモータを回転させる。⑤光センサの数値が48より大きくなったら右側のモータを回転させ、左側のモータを停止する。これは、コース内側のコートを感知し、ロボットは再びコース上に戻る。

③～⑤のプログラムを作成することで、ロボットはコースをまたぐことができる。もし、③の光センサコマンド(暗さが30になるまで待つ)がないと、②と⑤の光センサコマンドは同時に反応してしまいロボットはラインレースが行えなくなる。また、⑥では③と同様の処理を行っている。⑦⑧へ戻り、ループを形成する。このプログラムは、コースの両側をラインレースするプログラムで完走するものである。ロボットはコースを内側から外側に移動しながら前進する。しかし、このプログラムは、教師が出したヒント(穴埋め)にコマンドを埋めた基本的な

プログラムで、生徒の工夫が見られない。

2)プログラムC2(図32:作成時間43分、延べ103分)

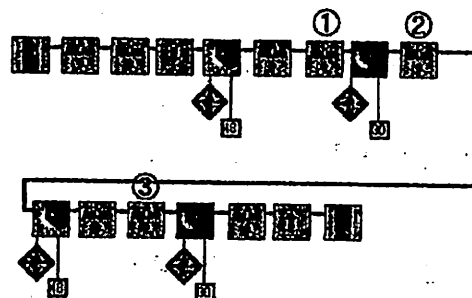


図32 プログラムC2

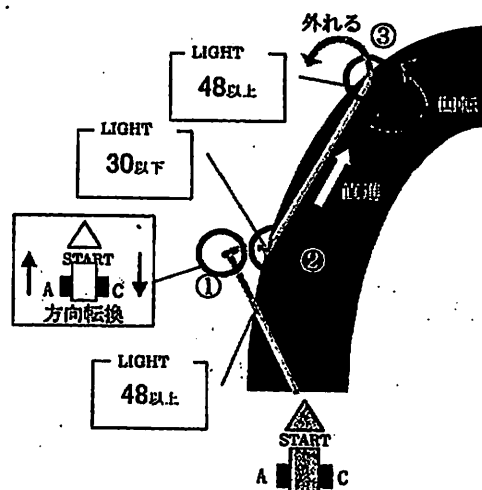


図33 プログラムC2の動作図

①右側のモータを逆回転させる。②右側のモータを順回転させる。③左側のモータを逆回転させる。プログラムC2の動作図を図33に示す。生徒Cは、①～③のコマンドを追加することでロボットにより細かくセンシングさせるねらいがあったと思われる。①や③においてロボットを方向転換させることで前進する距離は短くなるがより正確なラインレースを行うことができるようになる。しかし、②においてコースの外側を検知した後に直進すると、同じコース外側のコートを検知してしまい、その場で左回転してしまう。

3)プログラムC3(図34:22分、125分/150分)

プログラムC1よりA、Cポートのストップコマンドが消去されている。プログラムC2においてうまく動かなかつ

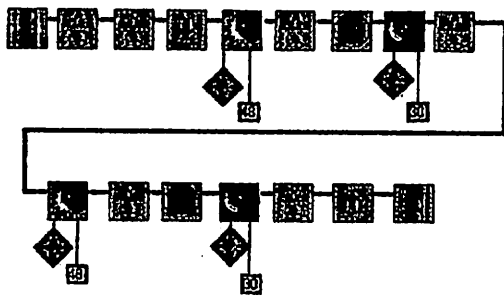


図34 プログラムC3

たため、プログラムC1を改良したものと思われる。プログラムをシンプルにしようとする意図が見られる。その後、生徒Cは、友人と話をしたり、他の生徒のロボットを見ているだけで、プログラムの修正などはなされなかった。

4) 生徒Cのプログラム制作に関する考察

生徒Cは、発表会では完走することができず、直線を走行した後、コースから外れ右回りを繰り返していた。最終的なプログラムは、テスト走行では完走しており、動作確認が取れたものであった。完走できなかった理由は、競技会のコースの明るさが、周りに集まった生徒によって変化したためだと推察される。コースの明るさの変化が生じることは、事前に注意を促しておいたが、そのことに対応することができなかったようである。コースの明るさが一定となるような環境を整えることも必要であることが示唆された。

学習の定着が十分でなかった生徒のプログラムは、教師が説明に活用した基礎的なプログラムを、変更したり工夫することができず、生徒Cのプログラムのよう、基礎プログラムと類似していた。自分の考えを、具体的なロボットの動作に置き換え、それに必要な命令の組み合わせを見つけ出す指導が求められていることが明らかとなった。

4 結果および考察

比較的能力の高い生徒は、最初の課題を解決した後、自分自身でより早くライントレースができるよう意欲的に取り組んでいた。例えば、自ら新しいアイコンを見つけ

調べたり、教師に対して積極的に質問したりするなどである。課題に取り組みながら、自分の知識を再構成し、課題解決に工夫を凝らしていた。そのため、一定レベルに達した生徒に対しては、応用的な課題として、新しいコマンドの活用法を調べ学習の形式で学ばせる学習プリントなどの開発が求められる。また、これらの生徒が作成したプログラムは、多種多様であり、基本のプログラムに様々な工夫が付け加えられていた。しかし、その反面、プログラムが複雑になり、プログラム修正や改善に手間取る場面が見られた。プログラムをより見やすく、分かりやすく作り上げる指導が必要であることが示唆された。また、自ら立てた課題が難しくなりすぎて、授業時間内だけでは解決できないものも見られた。このような場合には、教師の支援が必要であることも明らかとなった。授業の終了時間が近くなると、あきらめ気味になったり、ライントレース以外のプログラムで遊んだりすることもあった。プログラムの完成の見通しを立てる指導も必要である。

学習の定着が十分でなかった生徒達のプログラムは、教師が示した基本プログラムを発展させることができないものであった。プログラムを考える過程において、ロボットの動きとコマンドを関連できないため、基本のプログラムを修正することができなかったと推察される。このような場合は、①自分の考えるロボットの動き、②そのために必要なアイコン、③アイコンをつなぎ合わせたプログラム、のどの段階でつまづいているかについて、より多くの実践を通して検討していく必要である。このような生徒に対しては、ロボットの動作から具体的なプログラムへ変換する能力の育成に時間をかける必要があることが明らかとなった。また、生徒の活動を分析すると、実際にロボットを動作させながら、試行錯誤的にプログラムを組んでいる時間が長く、論理的な考えを前提にプログラムを組むことが十分にできていない。プログラムをまとめるとして考えることができず、1つのコマンドの動作の確認に多くの時間が必要となっていた。複数コマンドを1つのまとめとして、見通しを持たせる指導が必要であることが明らかとなった。

今回の授業では、生徒個別の進度に合わせた指導方法をさらに検討する必要があることが明らかとなった。全体指導と個別指導のバランスが取れた指導へと、授業展開を改善すべきある。今後は、それらに対応した学習過程の検討、学習を補助するプリントなどの改善が必要である。

5 結言

以上、本研究では、中学生を対象にプログラム学習を行い、そのプログラムを分析することにより、指導の改善の在り方を検討した。その結果、本調査条件下で以下の留意すべき事柄が明らかとなった。

- 1) 学習内容を細分化し、各段階の到達状況を確実に把握する。
- 2) 理解の速度や能力が異なるので、複数の学習過程を立案する。
- 3) コートなどの教育環境を整備する。
- 4) コマンドの役割と活用方法を確実に定着させる。
- 5) ロボットの動きをプログラムに置き換える学習の支援の方策を検討する。
- 6) 学習内容を生徒自身が整理するための学習プリントを充実させる。

今後は、上記の知見に対する追試と共に、収集した資料をもとに、学習カリキュラムの改善を行い、より多くの学校での実践を進めていきたい。

<参考文献>

- [1] 文部省：中学校学習指導要領(平成10年12月)解説—技術・家庭編—, 東京書籍(1999)
- [2] 山本利一, 牧野亮哉: 福井県内の情報教育担当者が中学生に身につけさせたいと考える情報教育の内容と教師の意識, 教育情報研究, 第16巻, 第3号, pp.21-29 (2001)
- [3] 間田泰弘, 中村祐治: 技術・家庭[技術分野], 開隆堂出版(2001)
- [4] 石田晴久, 加藤幸一, 渋川祥子: 新しい技術・家庭[技術分野], 東京書籍(2001)
- [5] 山本利一: コンピュータ計測を積極的に用いた技術・家庭科の授業実践, 福井県教育研究所研究紀要, No.106, pp.151-158(2001)
- [6] 古川 剛: LEGO MINDSTORMS™ パーフェクトガイド, 翔泳社(1999)
- [7] 安藤義仁, 山本利一: LEGO MINDSTORMS™ と ROBO LAB™ を使ったコンピュータ制御学習への取り組み—選択教科におけるコンピュータ制御学習への取り組み—, 埼玉大学教育学部附属中学校研究紀要, Vol.39, pp.25-30(2003)
- [8] Y.Kobayashi, Y.Karube, T.Yamazaki, T.Yamamoto: Robot Programming Course for Junior High School Student—A Trial Nurturing Future Engineers—, Proceedings of the Third International Symposium on Human and Artificial Intelligence Systems, pp.195-204, Japan, (2003)
- [9] 小林靖英, 山本利一, 軽部楨文, 高岡暁子, 山崎知恵: ロボット・プログラミング・キャンプ中学生コース—ソフトウェアによるロボット制御体験教室の実施—, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2003講演概要集, No.03-4, p.59(2003)
- [10] 山本利一, 真島清貴, 牧野亮哉, 小林靖英: LEGO MINDSTORMS™ を活用したプログラムと計測・制御学習における評価規準表の作成, 技術科教育の研究, Vol.9, No.1, pp.81-86(2003)
- [11] 山本利一, 林 俊郎, 小林靖英, 牧野亮哉: ROBO LAB™ を活用したプログラム学習のカリキュラム開発(1), 技術科教育の研究, Vol.8, No.1, pp.1-6(2002)
- [12] T.Yamamoto, R.Makino, Y.Ando, Y.Kobayashi: Curriculum Development of Programm Learning by Utilizing ROBO LAB™, —Lesson Practise of Problem Solving Learning by Using Two Kinds of Sensor—, Proceedings of the Third International Symposium on Human and Artificial Intelligence Systems, pp.189-195, Japan(2003)