

## プログラミングに集中させるためのロボットと道具に関する研究

### A Study of a Robot and Tools for Improving Concentration in Programming

野口 孝文<sup>\*1</sup>, 布施 泉<sup>\*1</sup>  
 Takafumi Noguchi<sup>\*1</sup>, Izumi Fuse<sup>\*1</sup>  
<sup>\*1</sup>北海道大学  
<sup>\*1</sup> Hokkaido University  
 Email: noguchi@iic.hokudai.ac.jp

あらまし：プログラミング教育においては、実際にプログラムを作成し試行錯誤することが重要である。我々は、直感的に分かりやすい移動命令を作ることによって幅広い学習者が試行錯誤しながら学ぶことができる教材ロボットを開発し授業で利用してきた。本論文では、2024 年度の授業結果から個別学習、ペア学習およびグループ学習で与える課題と課題遂行を支援する道具を用いた学習効果について報告する。  
 キーワード：プログラミング教育、ロボット教材、サポートツール、協調学習

#### 1. はじめに

我々は、小型コンピュータを用い直感的に分かりやすい動作命令セットを持つロボットを開発し、大学等においてプログラミングの導入教育に利用してきた<sup>(1)</sup>。また、共同で作品を制作する課題に個別学習と協調学習を組み合わせた形態で取り組むことで学習効果を上げている<sup>(2)</sup>。近年は学習者の興味を増し理解を深めるために、センサの利用や、ロボットが操作できるボールのほか壁や坂を用いた舞台を製作して協調動作させることも課題にした。一方、期待に反して、プログラムの試行錯誤よりも、舞台装置の調整に専念する学習者が現れるようになった。

本論では、2024 年度に行ったプログラミング教育において、課題遂行を支援する道具を導入したことによって、学習者の作成するプログラムに変化があったことについて報告する。また、この道具の改良についても述べる。

#### 2. プログラミングロボット

##### 2.1 ロボットの構造とプログラムの作成

図 1 左にプログラミングロボットを示す。ロボットは、2 つのモータに直結した車輪で移動する。ロボットを制御する命令セットには、モータ制御やセンサ入力を読み取る命令の他、演算命令等も用意している<sup>(3)</sup>。そして、ロボットを動作させるプログラムの入力や実行は、すべてロボット上面にあるスイッチのみで行うことができる。また、図 1 右に示すように、PC を利用したプログラム作成支援システムを用いることもできる。



図 1 プログラミングロボットと支援システム

##### 2.2 PC によるプログラムの作成支援とログの収集

ロボットには、PC からプログラムの書込みや読出しや実行を可能にするコマンドを用意している。ロボットの押しボタンスイッチ 1, 2 を同時に押しながら電源投入すると通信モードになり、PC のプログラム作成支援システムが利用可能になる。作成したプログラムはロボットに書込むたびに PC に記録され、学習者は授業終了時に Moodle を介して提出する。

#### 3. 協調学習の課題と結果

##### 3.1 ロボットを用いた協調学習

北海道大学で 2018 年度から本ロボットを用いた演習の授業を継続して行っている。主に 1 年生が履修する一般教育としての授業（選択）であり、人数は 1 クラス最大で 23 名である。文理や男女に大きく偏らず履修され（例年、概ね文系 5 名程度、女子学生 5 名前程度が含まれる構成）、学習者のプログラミングに関する知識レベルも多様である。

いずれの年度も、ロボットに動きや音をプログラムする方法を個人の個別学習として学んだ後、グループでテーマを決め、作品制作を分担して行う。2023 年度からは、学習者間の知識の差を考慮して、2 名ずつによるペアプログラミングを取り入れている。そして、2023 年度は、学習者のプログラミングのレベルを考慮してグループを構成したが、2024 年度は、ペアが維持された状態でグループを構成した。

##### 3.2 ペア課題

2023 年度、2024 年度の授業ではいずれも初めの 4 週で個別課題として、「1, ロボットの基本操作」、「2, 3, 繰り返しと PC の利用」、「4, 条件分岐」について授業を行った。その後ペア学習として、「5, センサの利用」、「6, 7, ペア課題」、2024 年度は 2023 年度よりも 1 週多くして「8, ペア課題」を行った、8 または 9 週目からは、グループに分かれての課題を行い、14 週目に発表会を 15 週目に振り返り・達成度確認・その他まとめ等を行っている。

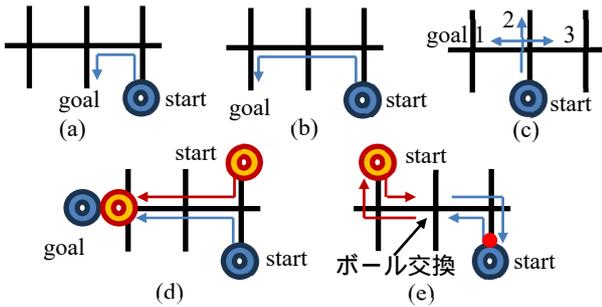


図2 ペア学習課題

ペア課題は、2人でペアになりながらもそれぞれの学生が個別に取り組む課題とそれが終了後に2人で取り組む課題から構成されている。個別の課題は、図2の(a)(b)(c)に示すレジスタ使用、乱数使用+シフト演算や比較演算等を行う課題である。(a)は、スタート位置からスタートして、1つ目の交差点で左折し、直進して1つ目の交差点で左折して、8cm直進して停止する課題である。(b)は、(a)と同様であるが1つ目の左折後、2つ目の交差点で左折する課題である。(c)は、1つ目の交差点で、乱数により直進か左折か右折する課題である。ここまでは、個別課題であるが、ペアの学習者と相談しながらプログラムを作成することで知識を深めることを想定している。(d)は、2台のロボットが同時にスタートして交差点で出会ったのち乱数で順番を決め並んでゴールする課題である。これは2023年度のみ実施した課題である。(e)は、図6に示すボールを運ぶ道具をロボットに取り付け、スタート位置からスタートして中央付近で一方の運ぶボールを他方が受け取り元の位置に戻るといった課題である。これは、2024年度のみ実施した課題である。

### 3.3 2024年度のグループ作品と特徴

2024年度のグループ作品を図3に示す。2024年度は、4つのグループ作品が作られた。ここで、プログラムの中で使用される制御命令に着目して見てみる。本ロボットの主な制御命令として、無条件ジャンプ(JMP)、センサの入力によるジャンプ(JMP\_SW)、比較等の結果によるジャンプ(JMP\_F)がある。前節で



図3 2024年度のグループ作品

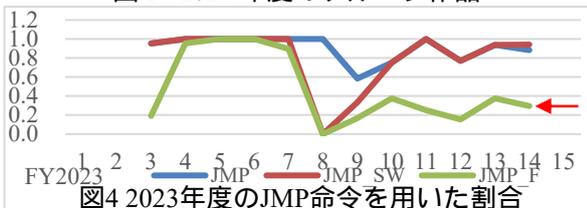


図4 2023年度のJMP命令を用いた割合

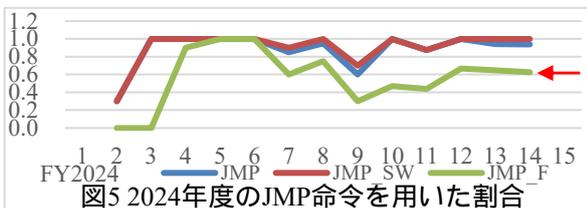


図5 2024年度のJMP命令を用いた割合

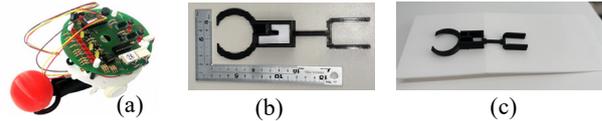


図6 ボールの把持道具と把持の様子

述べたペア課題では、センサにより交差点を見つけたり、レジスタに設定した値を減じながら交差点の数を数えたりするときにこれらの命令を使用する。

2023年度と2024年度のプログラムの分析結果を図4と図5に示す。個別課題およびペア課題(1~7週)では、JMP、JMP\_SW、JMP\_Fのいずれも用いられている。また、グループ作品におけるプログラムになるとJMP\_Fは、少なくなっている。これは、JMP\_Fの命令を使用するには、レジスタやメモリに値を設定することや、デクリメントや比較の命令を組み合わせることが必要になることから、この命令を使用しなくても対応できるときには、使用しないという傾向が表れたと思われる。

しかし、2024年度は、2023年度の3割(赤矢印)に比較して約2倍の6割(赤矢印)の学習者がJMP\_F命令を使用するという結果になった。

### 3.4 学習者をプログラミングに集中させる道具

図4,5の違いは、図6に示すボール把持の道具を使用して、ペア課題(e)を行っていることにある。この把持道具によるボール移動や放出には、いずれのジャンプ命令も必要ないが、2台のロボット同士のボール授受では、正確な位置合わせを必要があることから、この調整の試行錯誤がこれらのジャンプ命令の使用法修得を深めたと考えている。

## 4. おわりに

本研究では、プログラミングロボットを用いた個別学習、ペア学習およびグループ学習で与える課題と課題遂行を支援する道具による学習効果について報告した。2024年度に行った実践から、動作を確実にした道具の導入が、学習者の思考をプログラミングに集中させることに有効であると示唆された。

2024年度は図6(b)の道具を用いたため、坂道のある作品を制作したグループで、把持道具の微調整が必要になった。図6(c)は、中央が上下に曲がることで坂道にも対応するように改良を行った把持道具である。2025年度はこれを用い、学習者の思考錯誤に与える影響を調べる予定である。

### 参考文献

- (1) 野口孝文, 梶原秀一, 千田和範, 稲守栄: “計測制御教育のための教材ロボットの開発”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.27, No.6, pp.217-220 (2013)
- (2) 布施泉, 野口孝文: “プログラミングロボットを用いたペア学習と協調学習の連携の効果”, 教育システム情報学会全国大会, pp.267-268, (2023)
- (3) T. Noguchi, H. Kajiwara, K. Chida and S. Inamori, “Development of a Programming Teaching1-Aid Robot with Intuitive Motion Instruction Set”, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.29 No.6, pp.980-991 (2017)