

ロボットを用いたプログラミング教育における協調学習支援の提案

Proposal of Cooperative Learning Support Strategies for Programming Education Using Robots

野口 孝文^{*1}, 布施 泉^{*1}
 Takafumi Noguchi^{*1}, Izumi Fuse^{*1}
^{*1}北海道大学
^{*1} 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、ロボットを用いたプログラミング教育において高い学習者の達成感を得ることができた学習方法について紹介するとともに、今後の方針を示す。
 キーワード：プログラミング教育、ロボット教材、協調学習、プログラミング課題

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⁽¹⁾⁽²⁾。また対面授業を前提に、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きた⁽³⁾。

本論では、プログラミング教育において学習者の達成感を高める様々な課題を試行錯誤してきたことについて紹介し、今後の協調学習の方針を提案する。

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左に教材の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⁽⁴⁾。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。いっぽうロボットのプログラム作成は、これまでの実習における学生のコメントから、プログラムが20ステップ以上になると操作が面倒になると言われてきた。そこでこれに対応するために、ロボットをPCに接続してプログラム作成の支援をしたり、PCからプログラムを実行させたりすることもできるようにしている。

2.2 PCによるプログラムの作成支援

ロボットには、PC間でデータを授受したりロボットを制御したりするために、データの授受や指定番地からのプログラムの出力や実行といった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からロボットを操作することができるようになる。図1右はその様子を示している。

PC側のシステムは、ロボットにコマンドを送るほ

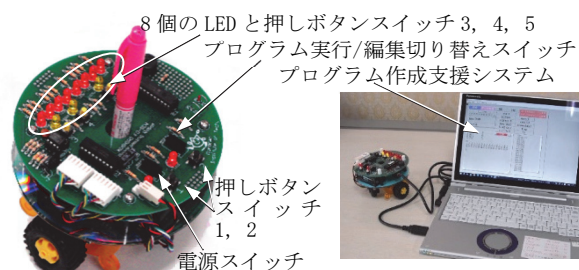


図1 プログラミングロボットとPC接続の様子

か、コマンドを利用してプログラムの送信を実現している。また、ロボットの実行プログラムは、機械語のみに対応しているため、アセンブリ言語によるプログラムと機械語への変換機能はPC側のシステムで行っている。

3. これまでの利用実績と今後の課題

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名前後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。2018年度は履修者が18名とやや少なめだが、2019年度以降は21-23名が履修している。2018, 2019, 2022年度は対面のみで行い、2020, 2021年度が対面とオンラインを併用した授業として実施した。

各年度とも、個人による個別学習とグループによる協調学習を連携して授業を構成している。グループ構成メンバーは3-4名とした。2018, 2019年度は、グループ毎に貸し出したPC（2018年度はPC5台5グループ、2019年度はPC9台6グループ）を使用した。2020年度からは、インストールなしで使用できるプログラム作成支援システムを開発して、学生自身のPCが使用できるようにした。なお、ロボット

は学生毎に同じものを毎回使用している。

2020, 2021 年度は, オンラインを念頭に授業を構成する必要があったため, 対面時は個別学習によるロボット操作と個人 PC の環境設定に焦点をあて, 残りはウェブ会議システムを用いたオンラインでの授業として構成した。

2022 年度は, 当初オンラインの授業も想定していたが結果的に対面の授業になった。

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った。最終的に, 発表会と相互評価を行い, 本実践を振り返ることとしている。なお, 作品形式は, 以下の節で述べるように, 年度により異なるものを設定し, 学習者の理解関心がどのように関係するかについても検証を進めている。

3.2 課題の設定と学習者の満足度

グループによる作品制作は, 分担した課題を完成させることによる個別学習と統合による協調学習によって, プログラミングの知識を深め達成感を高めることを期待している。これまでの結果から, どの学習者も共同で作品を完成させたことで達成感を高めることができたことは認められたが, プログラミングにおける試行錯誤の量は学習者ごとに大きな差があった。表 1 にこれまでに設定した課題と変遷を示す。各年度における問題の解消を目指して, 次年度の課題の計画を行ってきた。

3.3 センサを用いた課題

2020 年度までは, 共同でロボットに絵を描かせたりダンスをさせたりを行ってきた。これらの課題では, プログラムの起動後に位置や方向を修正することが難しかったため, 起動から時間が進むにつれ初めの方向のずれが徐々に積算され拡大するため, 初期位置と方向やロボットごとのタイミングの調整に繰り返し試行錯誤を行っていた。

ロボットの 2021 年度後期は, ロボットの位置や方向を調整できるようにするために, 光センサを利用できるようにした。また課題としてボールとセンサの利用を必須とした。しかし, 光センサはボールや障害物の感知に使用され, 初期位置と方向の誤差が積算されることによる衝突の回避に使用することがなかったため, 多くのグループがその調整に苦労していた。図 2 左に作品の例を示す。2022 年度は, ロ

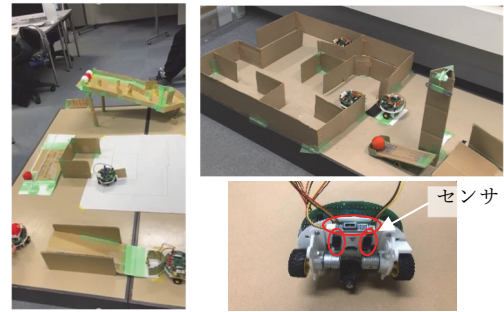


図 2 2021(左), 2022 年度の作品とセンサ取り付けロボットのセンサ取り付けを容易にして, ライントレースといったロボットの位置を修正するプログラムが容易に使用できるようにした。センサの取り付けの様子と 2022 年度の作品の例を図 2 右に示す。2022 年度の各グループは, 作品の完成までの試行錯誤で苦労をしていたが, 全作品で起動から終了まで完走させることができていた。そのため学習者の満足度は非常に高かった。いっぽう学習者の作成したプログラムのレベル差が大きいことが判明し, 各学習者の状態の取得方法と知識向上を実現する適切な課題の開発の必要性が明らかになっている。

4. おわりに

本研究では, ロボット教材を用いた個別学習と協調学習を組み合わせたプログラミング教育において, 学習者の達成感を高める様々な課題を設定し試行錯誤してきたことについて紹介した。いずれの課題においても学習者の達成感を高めることは実現することができた。いっぽう学習者間におけるプログラムに関する学習の度合いには大きな差があり, 更なる課題設定の工夫と学習者の学習の状況を分析する方法の開発が求められている。2023 年度は, 学習者の状況把握のために, ロボットにプログラムを転送する度に PC にログを保存し授業終了後に moodle を介して提出させる。また, 協調学習において 2 人で行う指定課題の後, 3, 4 人の自由課題に移るようにして作業量が偏らないよう工夫する予定である。

本研究の一部は, 科学研究費基盤研究(B)(19H01727)および (B)(22H03597)を受け推進している。

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) 野口孝文, 梶原秀一, 千田和範, 稲守栄: “ロボットを用いた初心者のためのプログラミング教材の開発”, FIT2014 第 13 回情報科学技術フォーラム, 筑波, pp.269-270 (第 4 分冊) (2014)
- (3) 布施泉, 野口孝文, 梶原秀一, 千田和範, 稲守栄: “ロボット教材を用いた個別学習を連携した協調学習”, 教育システム情報学会研究会報告, pp.89-96 (2019)
- (4) 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)

表 1 各年度の課題

年度	授業形態	課題	問題と改良
2018	対面	各学生のプログラムを1台のロボットに統合して図形描画	
2019	対面	複数のロボットを用いた図形描画	ロボット同士の衝突を回避するための試行錯誤が多くなった
2020	対面とオンライン	複数のロボットを用いた図形描画	オンラインであることと衝突を避けるため, 透明セルに個別に書いた図形を重ねて表示
2021	対面とオンライン	複数のロボットを用いた, 図形描画および「ピタゴラススイッチ」	長距離を移動出せて図形を描くことによる誤差の積算を軽減させるために, センサを用意
2022	対面	複数のロボットを用いた「ピタゴラススイッチ」の実現	センサの取り付けを容易にした, またセンサの反応範囲を安定化させた