

ロボットを用いたプログラミング教育のためのプラットフォームシステム

Platform System 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。しかし、2020年の初めからのウイルス感染流行によりオンラインで授業を行う必要があった。本論文では、インストールなしで利用できるプログラム作成支援システムの開発によって、ロボットを用いた遠隔授業に対応したことについて述べる。

キーワード：プログラミング教育、ロボット教材、オンライン授業、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⁽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、プログラミング実習をリモートで行うために開発したロボットプログラム作成支援のシステムについて、また2021年度に実施した授業の様子についても報告する。

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、すべて図1のロボット上面にあるスイッチのみで行うことができる。ロボットのプログラム作成は、すべてロボット上のスイッチの操作で行うことができるが、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ことが言われてきた。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ダンプや実行といった制御命令を用意している。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からの命令を送信してロボットを操作することができるようになる。

PC側のシステムは、ロボットにコマンドを送るほか、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側のシステムで実現している。

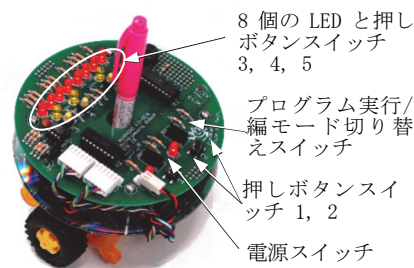


図1 プログラミングロボット

3. プログラム作成支援システム

3.1 Pythonを用いた支援システム開発

PC側のシステム開発にPythonを用いることで、ユーザはインストールなしにシステムを利用できるようにしている。また、システムは通信機能やプログラム入力機能、機械語への変換機能といったモジュールを1つのフレームワークに基づいて作成することで、操作性や機能の変更を容易にしている。本フレームワークは、オブジェクト指向を用い実現し、メッセージアーキテクチャはIntelligentPad⁽⁵⁾に準じている。

IntelligentPadは、パッドと呼ばれるオブジェクトをダイナミックに組み合わせたり、変更したりできるシステムである。パッドは、ディスプレイ上に可視化され、マウスによる直接操作でパッドを自由に組み合わせることができる。パッド同士の結合は、標準化されたスロットの結合によって行う。図2にロボットのプログラム作成を支援するシステムを示す。図の中の矩形の部品がそれぞれパッドと呼ぶ機能部品である。図2の上方右の部品から、アセンブリ言語で書かれたプログラムを機械語に変換する機能、機械語のプログラムをロボットのメモリに書き

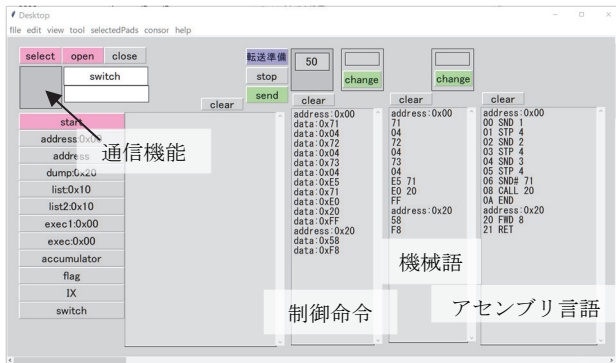


図2 プログラム作成支援システム

込む制御命令変換機能，ロボット命令を一つずつ取り出し通信部品へ渡す機能，そして図の左が通信機能の部品である。IntelligentPad によるシステムの開発は，システムを構成する機能部品ごとに独立して行うことができ，それぞれの部品の変更も容易に行うことができる。

3.2 Python による IntelligentPad 開発の利点

IntelligentPad を用いたシステムの開発の利点は前節でも述べたが，IntelligentPad システム自身の開発に Python を用いることで効率的に行うことができる。2019 年までの授業で，ロボットプログラム作成支援に用いてきた IntelligentPad システムは，C++ を使って開発したシステムである⁽³⁾。2020 年にウイルス感染の流行の影響でオンライン授業になったことから，システムを学生の PC で実行する必要になり，新たなシステムを開発することにした。Python がインタープリタであることやオブジェクト指向言語であることにより IntelligentPad のフレームワークに基づき Python で基本部分を構築することは容易であった。さらに Python のライブラリは豊富にあり上述の機能を実現することも短時間で実現することができた。また，Python にはシステムを 1 つの実行ファイルのまとめる機能もあり，通信ドライバのインストールを除き，学生の PC にシステムをインストールすることなく実行することができている。一方，ロボットと PC を接続に USB-シリアル変換ケーブルを使用したため，デバイスドライバをインストールする必要があった。しかし，これまで 4 回の授業（80 人余り）では特に問題は発生していない。

4. 2021 年度授業

4.1 センサを用いた課題

本支援システムとロボットを用い，2021 年度北海道大学一般教育演習（フレッシュマンセミナー）「プログラミングロボットでピタゴラスイッチ」90 分の授業 15 回で実施した。受講者は，22 名であった。15 週の内訳は，1～2 週はガイダンスおよびコンピュータに関する基本的な講義，3～7 週は，対面でロボットを用いた個別学習による（操作法，繰り返し，条件分岐，等）といった基本的な操作。8～11 週はオンラインでグループによる作品企画とプログラム

作成，12～14 週は対面で発表会準備と発表会，15 週にオンラインでまとめとなっている。

4.2 アンケート結果

22 名の学生のうち 13 名から回答を得ることができた。センサを用いた今回の授業では，「ロボットのセンサを利用したプログラムの作成は面白いと思う」という問いに対して，13 名中 7 名が「強くそう思う」5 名が「そう思う」と肯定的であったが，「知っている言語（情報学 I の Python を含む）は，プログラミングロボットよりも簡単で分かりやすいと思う」という問いに対しては，8 名が否定的であったが 5 名が肯定的で以前の課題に比べやや肯定が増した⁽³⁾。

光センサとボールを用いた内容の課題にしたため，条件判断を多用する必要がある，プログラミングが難しいと感じる学生が多くなったと思われる。プログラムを分かりやすくするためには，作成した制御構造を分かりやすく見せる工夫が必要である。

4.3 2022 年度へ向けての改良

前節の結果を受けて，本プログラム作成支援システムでは，コメント文をアセンブリ言語編集および機械語編集で柔軟に書き込めるようにした。それぞれのモジュールごとにこのような変更を加えたり，機能の追加や新たな部品を開発したりと，いずれも容易にできるという利点が IntelligentPad にはある。

5. おわりに

本研究では，これまで行ってきた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を，オンライン授業で実施するために新たに Python を用いてプラットフォームシステムを開発しこの上にロボットのプログラム作成支援システムを開発したことについて述べた。また，2021 年度に実施した授業から得られた知見に基づき改良も容易にできたことを報告した。

本研究の一部は，科学研究費基盤研究 (B)(19H01727) 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 Teaching-I-Aid Robot with Intuitive Motion Instruction Set”, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.29 No.6, pp.980-991 (2017)
- (5) 野口孝文，田中謙：“コンストラクションセットを持つマイクロワールド”，情報処理学会論文誌，Vol. 36, No. 1, pp. 152-166 (1995)