

# プログラミングロボットを活用した ハイブリッド型授業における協調学習の実践と評価

布施 泉<sup>\*1</sup>, 野口 孝文<sup>\*1</sup>, 梶原 秀一<sup>\*2</sup>, 千田 和範<sup>\*3</sup>, 稲守 栄<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> 北海道大学, <sup>\*2</sup> 室蘭工業大学, <sup>\*3</sup> 釧路工業高等専門学校

## Practice and Evaluation of Collaborative Learning in Hybrid Class using Programming Robot

Izumi Fuse<sup>\*1</sup>, Takafumi Noguchi<sup>\*1</sup>, Hidekazu Kajiwara<sup>\*2</sup>, Kazunori Chida<sup>\*3</sup>, Sakae Inamori<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> Hokkaido University, <sup>\*2</sup> Muroran Institute of Technology,

<sup>\*3</sup> National Institute of Technology, Kushiro College

プログラミングロボットを用いた個別学習と協調学習をシームレスに連携した学習を、COVID-19の影響がある中、対面とオンラインを併用したハイブリッド授業として実施した。ロボットとPCとの接続に際し、学習者のPC環境を用いることを前提に、インストール不要のプログラミング支援システムを開発した。授業終了後に実施した学習者へのアンケート結果から、本支援システムが有効に活用されたことが確認された。さらに、ウェブ会議システムを用いたオンラインでのグループ協調学習が有効に機能し、対面授業と同等の効果が見込めることが示された。

キーワード: ロボット, 個別学習, 協調学習, オンライン授業, 対面授業

### 1. はじめに

2020年初頭から国内で発生したCOVID-19の影響により、2020年度の大学の教育は、オンライン授業を中心に行うことを余儀なくされた。これまで、対面授業が当然と考えられてきた実験や実習も新たな教育方法が必要とされるようになっていく。

著者らは、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教育用プログラミングロボットを開発し、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)(2)</sup>。またプログラミングロボットを使い、個人としての個別学習とグループでの協調学習をシームレスに連携することによる効果的学習について実践を進めてきた<sup>(3)</sup>。

このような実機を用いた授業は、通常であれば対面での授業を想定して授業を設計する。しかし、前述の通り、2020年度は可能な限りオンラインで授業を行わねばならず、極力対面授業を減らし、対面とオンラインを併用した授業構成の中で、ウェブ会議システムを

介したグループでの協調学習を行うことを試みた。

本稿では、第一著者と第二著者が所属する大学での、プログラミングロボットを用いたオンライン授業と対面授業のハイブリッド型授業における協調学習の実践について報告する。

以下、第2章では授業で用いたプログラミングロボットについて紹介する。第3章では対面授業とオンライン授業を併用し、グループによる協調学習を実現した授業実践の詳細を示す。第4章では、学習者による相互評価結果とアンケート結果を用いた評価を確認し、これまでの対面のみでの授業構成と比べ、本稿でのハイブリッド型学習を実施することによる長所、短所等を考察する。最後に第5章で本実践手法の有用性等をまとめる。

### 2. 教育用プログラミングロボット

#### 2.1 プログラミングロボットの構造

図1に本実践で用いたプログラミングロボットを示

す。ロボットは、2つのギヤドモータに直結した車輪で移動する。ロボットはマイクロコンピュータ上に作成した仮想コンピュータのプログラムを書き換えることで制御し、その命令セットには演算命令等の他、モータ制御やセンサ入力を読み取る命令を用意している<sup>4)</sup>。また、ロボットを動作させるプログラムの入力や実行をすべて図1のロボット上面にあるスイッチのみで行うようにしているほか、PCに接続してPCからプログラム作成の支援をしたりプログラムを実行したりすることができる。

## 2.2 直感的に作成できるプログラム

本プログラミングロボットの特徴は、ロボットを制御する命令コードのビットデザインにある。プログラムの入力や実行を、図1に示したロボットの上面前方にある8つの赤色LEDにロボットの命令を表示させながら行うことができる。図2は、LEDとスイッチの機能説明図である。本ロボットでは、ロボットを移動させる命令を直感的に分かりやすくなるように設計している。

命令は8個のLEDの点灯/消灯に対応する8bit列で表現する。さらに左右4bitずつに分け、左4bitで動作内容、右4ビットで動作量を示すことを基本とする。左4bitをさらに2bitずつ左右のモータの動作内容に割り当てている。図2に示す上位4bitの点灯パターン(0101)は、左右のモータの順回転を指示しており、ロボットが前方に進む命令となる。これを左の2つのLEDの点灯を逆にして(1001)とすると、左のモータが逆回転するため、ロボットは左に回転する。

8bitのうち、右の4bitは動作量を表し、ロボットの前・後進/回転/停止に応じて距離/角度/時間に割り当てている。この4bitには重みを付け、図2の前進命令(0101 1010)では、 $8+2=10\text{cm}$  移動することに対応

する。前述の左回転命令(1001 1010)にすると、 $60+15=75^\circ$  左に回転する。

このように本ロボットでは、動作内容と動作量を組み合わせた命令によりプログラムとすることで、プログラミングや制御の仕組みのイメージを学習者が容易に持つことができる。

学習者は、ロボットへのプログラム入力に慣れた後は、繰り返し処理やデータを保持できるレジスタを用いた比較演算、ジャンプ命令等を用いたプログラムを作成することもできる。一部の命令は、2バイトの命令で指示を行う。音データを用いることも可能である。

## 2.3 プログラムの入力と実行

本ロボットへのプログラム入力やその実行は、コンピュータ基板上のスライドスイッチおよび5つのボタンスイッチで行う。図1のコンピュータ基板の右下(ロボットの後方)に2つのスライドスイッチとそれらの後方に2つのボタンスイッチ1, 2がある。スライドスイッチの1つは、電源スイッチである。もう1つのスライドスイッチは、プログラムの実行とプログラムの入力の切り替えを行う。なお、ロボットには256ステップのプログラムを入力することができる。この場合、命令は0から255番地までのメモリに記録される。電源スイッチをオンにすると、0番地の命令が表示され、プログラム実行の待機状態となる。

図2に示した黄色LEDのそれぞれ下にある3つのボタンスイッチ3, 4, 5を使い、番地の移動やプログラムの確認・入力を行う。このように、本ロボットではプログラミングから実行までを本ロボットのみで行うことができる。

命令の数が20ステップ以上に増えてくると、手入力のみでは使いにくくなる場合もあることから、プログラムをPCで作成し、ロボットに転送することで、より高度なプログラミングの支援を実現している。

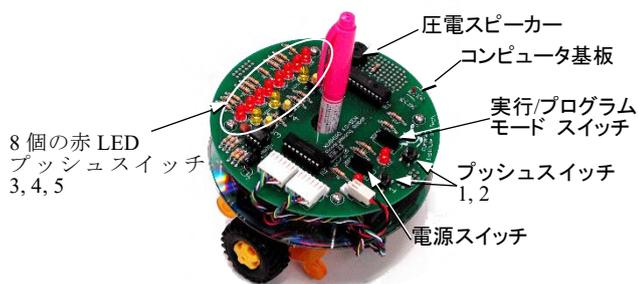


図1 プログラミングロボット

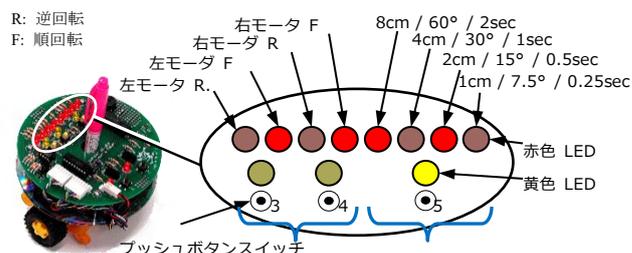


図2 ロボットの動作命令機能の説明図

## 2.4 PC を用いたプログラムの確認と転送

PC を用い、ロボットに入力されたプログラムの確認、ロボットへのプログラム転送、等を行うことができる環境を用意した。図 3 に、PC の操作画面例を示す。右に「04 FOR 2」「RGT C」といったアセンブリ言語による命令を記述する。ここで、上部にある「change」ボタンを押すことで、対応する 16 進の機械語に変換し、機械語の欄に表示することが出来る(図 3 で機械語と記載された箇所に変換されたプログラムが表示される)。さらに、当該欄の上部にある「change」ボタンを押すことで、16 進の命令を、ロボットへの送信データとして変換し、ロボットへ転送する流れとなる。なお、アセンブリ言語によらず、機械語の欄から命令を記入して送信データを作成しても差し支えない。学習者の好みのプログラムからロボットへの送信データに変換することができる。

ロボットに格納されているプログラムを確認する際には、図 3 の中央にある「list:0x10」と表示されているボタンを押すことで、16 番地分(16 進 10 番地分)の命令を確認することができる。なお、「10」の部分は自身で任意に変更し、ロボット内のプログラムを出力することができる。

## 2.5 プログラムの作成と実行

ロボットと PC 間でのデータの授受やロボットを制御するために、表 1 に示すロボット制御コマンドを用意している。PC 側から表に示すコマンドの文字列を送信するのに呼応してロボットが動作するようにしている。

PC 側のシステムでは、ロボットにコマンドを送る

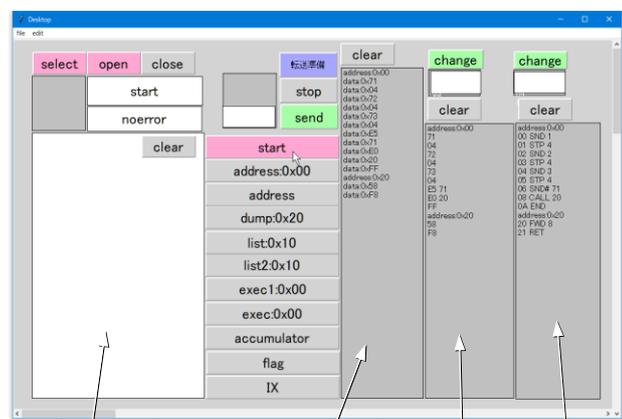


図 3 ロボットプログラム開発システム

表 1 プログラミングロボット操作コマンド

コマンド	利用例	説明
address	address:0x00	データの書き込み・読み出し開始位置の設定
accumulator	accumulator	アキュムレータの値を出力
	accumulator:0xAB	アキュムレータに 171 を設定*
flag		フラグの値を出力
data	data:0x54	データの書き込み
exec	exec:0x00	00 番地から始まるプログラムの実行
exec1	exec1:0x00	00 番地の命令の実行
dump	dump:0x20	address で設定した位置から 32 個データをダンプ
list	list:0x00	00 番地から始まるプログラムを出力
stop		コマンド転送モードの終了

ほか、コマンドを利用してロボットの状態を受け取ることもできる。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は PC 側のシステムの機能として実現した。

PC 側のシステムには Python を用いることで、ロボット専用のプログラム開発システムをインストールせずに利用できるようにした。これはオンライン授業を見越し、学生が所持する個別 PC に簡単にインストールをすることを目的してのものである。しかし、ロボットと PC を接続するケーブルとして、USB-シリアル変換ケーブルを使用しているため、デバイスドライバを PC に別途インストールする必要がある。これまで 3 回の授業(60 人余り)に行ったが、デバイスドライバのインストールは順調に終了している。

## 2.6 システムの起動と機能

ロボットを制御する PC 側のシステム画面例を図 3 に示す。図 3 の左には、ロボットからの出力表示部、中央には、ロボットのコマンドのひな形をボタン操作でできるようにしたボタン、右にはアセンブリ言語や機械語の入力編集ができる機能が表示されている。

本システムは、実行ファイルの他システムの状態を保存したファイル等を含むいくつかのファイルの入ったフォルダを、PC のデスクトップ等に保存し、実行ファイルをマウスクリックすることのみで使用するこ

ができる。本システムは、日本語環境で作成しているため、予め OS で日本語表示ができるように設定しておく必要がある。学習者が留学生の場合、日本語環境の問題でシステムがすぐに立ち上がらなかった PC があつたが、設定後は特に問題なく起動し、ロボットとのデータ授受も実現できている。

授業では、学生の作成したプログラムについての相談もあるが、オンライン授業を想定し、PC 上のロボットプログラムの部分を切り取り、教授者に当該テキストを送付することで、教授者側のロボットを代替で動作させ、不具合を確認することなどができる。

このように、ロボット単体でプログラムを入力・確認する機能は持ちつつも、オンライン授業を想定し、システムを介したプログラムの授受もできるような仕組みを構築した。

### 3. 対面とオンラインを併用した授業実践

#### 3.1 2020 年度の授業カリキュラム

2020 年度は、後期に半期 2 単位の授業を 2 つ並列して行った。2 つの授業には各 22-23 名の学習者が受講した。授業スケジュールを表 2 に示す。授業実践を行う大学の方針で、2020 年度後期は 2 回目までは対面不可であったため、3 回以降で対面授業を計画した。

第 3 回～第 7 回と第 14 回の計 6 回を対面授業とし、残りはオンライン授業として計画し、最終的に予定通り実施できた。第 3 回から第 7 回に行う対面授業には、大きく以下の 2 つの目的がある。

1. 個別学習でロボット操作に慣れ、わからない点を対面での直接対応で解消すること (3 回程度要す)。
2. 学習者の PC において、2 章で提案したシステムが利用できるかを確認し、利用できない場合は代替機を貸し出し、その利用ができることを直接確認すること (最低 2 回は要す)。

認すること (最低 2 回は要す)。

感染防止対策として、通常の換気や学習者同士の距離を取る他、学習者には毎回同じ場所に着席させ、同じロボット等を利用させることとした。授業前に席にロボットやケーブル等の必要機材を配置しておき、授業終了時もそのまま機材を置いて離席させ、学習者同士が接触する機会を極力排除した。

第 3 回は、直進、後退、回転等のロボットへの簡単なプログラム入力と実行を行った。第 4 回は、左と右のモータの移動量を変える 2 バイト命令により円弧を描画させるとともに、サブルーチンについて学習した。第 5 回は 3 から 5 のボタンスイッチを押すことで異なる処理を行わせる条件分岐をジャンプ命令等で実現できること、また、音を鳴らすプログラムについて学習した。なお、マニュアルは事前に配布しているので、各回が早く終わった学習者は別途、その先にあるプログラムを自由に入力し、実行してよいこととした。

第 6 回では、学習者の PC を持参させ、ロボットと PC との接続方法やプログラムの転送等を確認させた。またノート PC を持参できない学習者や、MacOS の学習者等に対しては、別途貸し出し PC を用意し、当該 PC で作業させた。第 7 回では、前半はロボットと PC との接続を再確認させ操作に慣れさせたのち、後半にグルーピングを行い、相互に簡単な紹介を行わせた (大学 PC でウェブ会議システム上での対面確認をし、その際にチャット機能を利用)。さらに、翌週からのオンラインでの授業に備え、ロボットとともに簡単な修理道具 (予備電池、タイヤ修理の際のシリコンチューブ) も合わせて配布し、使用方法の説明を行った。

このように第 7 回終了時に、ロボットを自宅に持ち帰らせ、第 8 回から第 13 回までをオンラインのグループ活動とし、第 14 回を対面発表会として設定した。

#### 3.2 オンラインでのグループ活動

2020 年度は、本授業のウェブ会議システムとして、BigBlueButton<sup>⑤</sup>を利用した。グループ活動の際には、当該システムのブレイクアウトルームを用いて行った。また、授業時に質問相談を受け付けたが、質問者の状況 (人数と質問内容) に応じ、ブレイクアウトルームの利用も併用して行った。また、グループ活動を行うウェブ会議システムは原則授業時間帯のみ開設した。

表 2 授業各回における対面・オンラインの構成

回	別	授業概要
1~2	オンライン	ガイダンス コンピュータの仕組み
3~7	対面	ロボット操作 (個別学習) 7 回は後半にグループ化、ロボット持ち帰り
8~13	オンライン	オンラインでのグループ活動
14	対面	対面発表会、ロボット返却
15	オンライン	振り返り、まとめ

各回のグループにおける進捗状況は、大学の Moodle ベースの学習支援システム上に毎回報告させることとした。これに加え、個人としての作業報告を Moodle の課題として提出させ、うまく動かない場合にはプログラムのソース等を掲載させるようにした。

### 3.3 グループでの発表会のテーマ

2 つの授業では、グループで作成すべきテーマ設定を変えて実践した。一つ（以下、授業①）はロボットを協調的に動かす「ダンス」をテーマとし、要素として動きと音を課した。もう一つの授業（以下、授業②）では、クリアフォルダ内に各自が描画を行い、メンバー分を重ね合わせて一つの作品を創るものとした。

グループメンバーは 3 名から 4 名とし、各授業で 6 チーム生成した。各授業では以下のテーマを提示した。

授業①：「ダンス：音&動きが入ったグループ作品」

- 舞台は、180cm×180cm の範囲内

授業②：「画像合成作品：グループで画像を重ねる」

- 画像を重ねるクリアフォルダのサイズは A2 以内
- 他、共通事項として以下の制約を課した。
- 上記以外の要素が入っても構わない（例えば、ダンスに描画が入る、画像合成に音が入る等）
- 全てのロボットは 0 番地からプログラムをスタートさせる
- グループ員全員のロボットを動作させること
- 動作時間：1 分～3 分の範囲
- 各自のロボットの動作が完成したら（目安指定）グループとしての発表資料を作成する
- 発表会時は相互評価を行う

なお、相互評価は、発表会時の時間の制約が厳しいことから、授業時に評価できない場合には、翌週の第 15 回の振り返り時まで大学の学習支援システム上に設置した「課題」から、相互評価を行うこととした。

図 4 にグループ作品の例を示す。図 4 上は、授業①で舞台上での描画を撮影したものである。本来は描画しなくてもよいのであるが、本グループは童謡「七つの子」を演奏しながら、2 体のカラスと背景を描画することを企画した。他、ダンスというテーマの趣旨を踏まえたグループとして、シンクロナイズドスイミングを模したシンクロダンス、カエルの歌を輪唱しながらロボットを同時に動かすグループがあった。他のグ

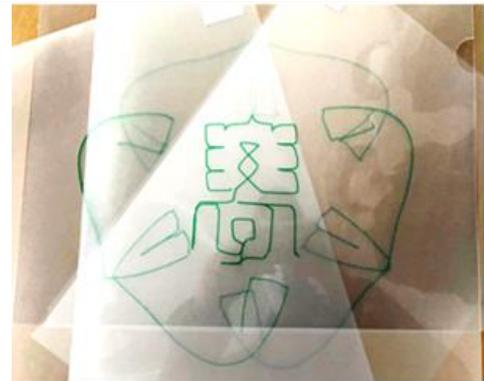


図 4 グループ作品例（上は授業①，下は授業②）

ループは結果的に描画を中心とするものとなった。

図 4 下は、授業②において、クリアフォルダ内に描画したものを重ね合わせた例である。ここに例示したものは、北海道大学の校章をデザインしたものである。このチームは 4 名グループで、中央の文字部分の担当と、延齢草という植物の花弁を 3 名で分担描画させていた。その他、授業②では、世界地図、幾何学模様、東京タワー、テレビ塔、クリスマスツリーなどをテーマとしたものとなった。

### 3.4 発表会(第 14 回授業)と振り返り(第 15 回授業)

発表会を行う教室は大学のコンピュータ教室であり、通常は 170 台ほどが使える広さがある。プロジェクタ・ディスプレイ 7 か所からプレゼンテーションの出力画面を確認できる。ロボットの実行は教室前方に舞台 (180 cm×180 cm) を設定して行った。コンピュータ教室は階段教室ではないため、ロボットの実行している様子は、書画カメラで撮影した内容を、プロジェクタ等に投影することとした。

発表会は、1 グループの持ち時間を 10 分とし、プレゼンテーションを先にするか、実際のロボットの実行を先にするかをグループ毎に選択させた。時間の制約から、プレゼンテーションとロボットの実行動作を合

わせ、10分を厳守としたことから、本番1回ではロボットの動作に失敗するグループも生じた。失敗したグループの中には、どうしても諦めきれず、グループ内でリベンジをしたいとの要望があり、授業終了後にロボット貸し出しを継続したグループもあった。

コロナ禍の中、体調不良の際は、大学に来ないように連絡をしていたため、各授業で発表会時に1-2名の欠席者があった。欠席者が生じる場合、事前にわかっている場合には、教授者側の代替機にあらかじめ学習者がプログラムを挿入しておくことで対応し、突然の場合にはグループの他メンバーにロボットを託す場合もあった。最終的には、いずれも想定されたロボット数で、プログラムを実行することができた。

翌週の振り返りはオンライン授業にて実施したが、学習者はそれまでに相互評価を行う必要がある。発表会後に速やかに、発表会時のビデオ、完成した作品の画像等を大学の学習支援システム上に掲載し、学習者が欠席者も含め、発表会時の様子を確認できるようにした。

振り返り時には、発表会時の各自の反省・感想（良かった点、もう少し頑張りたい点等）の他、質疑を行うことで、ほぼ最終回の授業時間を要した。

## 4. 評価と考察

### 4.1 学習者による相互評価と振り返り

学習者には、各グループの発表に対し、相互評価を行わせた（自グループの発表に関しては自己評価を行わせた）。評価項目は、表現、技術、独創性、総合評価、自由記述から構成した。表現、技術、独創性については、1:低い～4:高い、から選択させ、総合評価については、1:低い～5:高いから選択させた。本稿では紙面の関係から、自由記述部分において学習者が印象に残った点をいくつか抜粋し、それに関連した振り返り時の質疑状況について概況を示す。

授業①では、あるグループは、描画内容を Scratch 言語で作成したシミュレータを独自に作成することで、ロボット実機での確認作業を減らし、プログラムの作成を効率化したと発表した。お正月をテーマにしたグループで、具体的には「なす」「鷹」の形状をシミュレータで確認しプログラム作成を行ったと述べたもので

ある。そのような発表内容に対し、相互評価では、「シミュレータを使って試行錯誤の効率を上げるなど、高い技術を感じました。特になすなどの難しい形状の描画が印象的でした。」「描画をパソコン上で確認できるようにしたのはすごい!」といった記述がみられた。振り返り時には、関連してシミュレータ上の描画と、実際のペンでの描画にどの程度の違いがあったかの質問があり、グループ担当者からの回答がなされた。実際の描画では、ロボット実行時の再現性はあるが、ペンを挿入して行うため、動く際の方向やスピードにより、ロボットの中心値のみのシミュレーションに比べ、多少描画がずれる。このような、本プログラミングロボットの特性を理解した良好な質疑が行われた。

授業②は描画中心のテーマであったが、音楽を追加しているグループも複数あった。相互評価内に「音を繋げないで切るという工夫も機械感が少し薄れていて聞きやすかったです。私はいろいろ試してみたのですが、音が全てつながってしまったのでどのようなプログラムを組んだのか詳しく知りたくなりました」と記述した学習者は、振り返り時に当該グループメンバーに直接質問をして質疑がなされた。このように学習者の経験に応じた活発な質疑を行うことができた。

相互評価における自由記述は、全体公開、グループ内公開、教授者宛て公開に分けて記載させた（全てを記載する必要はない）が、「かなり完成度が高いが、理想を言うなら〇〇の書き方に無駄がある。繰り返しをもっと有効活用できたと思う。」等、プログラムの視点からの評価を教授者宛てのみに直接記載した学習者もいた。このように、プレゼンテーション映像と実機の動作映像に加え、描画結果等の情報も提示したことにより、最終回の振り返り学習時に有効な議論ができたと考えている。

### 4.2 学習者によるロボットと授業の評価

本節では、学習者によるロボットアンケートの結果を示す。本プログラミングロボットを用いた授業実践は、2018年から継続して行っているが、対面とオンラインを併用した授業実践は2020年度が初めてである。それ以前の実践では、最終回の授業時間内でプログラミングロボットについてのアンケートを取得していたが、2020年度は最終回の振り返り時の時間が限られ

ていたため、アンケートは授業終了時もしくは授業終了後に記載をさせることとなった。そのため、例年に比べ、アンケートの回収率は低くなっている（授業①で23名中19名、授業②で22名中15名）。また、アンケートの質問項目は、これまでと同様のものに加え、ロボットを持ち帰らせたことの影響を確認する目的で、「ロボットの動きを授業以外で人（家族等）に見せましたか」との設問を加えた。

他の質問項目は、プログラミング経験と経験年数、プログラミングロボットの各種操作や興味関心について、大きく分けられる。表3に、プログラミングロボットにおける各種操作や興味関心についての結果を

表3 ロボットアンケートの結果

	授業①		授業②	
ロボットのプログラム実行は簡単だった	強くそう思う 4 そう思う 12 あまり思わない 3	強くそう思う 4 そう思う 8 あまり思わない 3		
「ロボットを単独使用」プログラム入力簡単だった	強くそう思う 4 そう思う 8 あまり思わない 5 まったく思わない 2	そう思う 4 あまり思わない 9 まったく思わない 2		
「ロボットを単独使用」プログラム修正簡単だった	強くそう思う 3 そう思う 4 あまり思わない 10 まったく思わない 2	そう思う 1 あまり思わない 9 まったく思わない 5		
「PC使用」プログラム入力簡単だった	強くそう思う 7 そう思う 10 あまり思わない 2	強くそう思う 3 そう思う 8 あまり思わない 4		
「PC使用」プログラム修正簡単だった	強くそう思う 4 そう思う 12 あまり思わない 3	強くそう思う 3 そう思う 6 あまり思わない 5 まったく思わない 1		
ロボットの命令は理解しやすい	強くそう思う 6 そう思う 9 あまり思わない 4	強くそう思う 4 そう思う 8 あまり思わない 3		
ロボットのプログラム作成(考えたとおりに動作させる)は簡単だった	強くそう思う 3 そう思う 6 あまり思わない 10	強くそう思う 3 そう思う 7 あまり思わない 5		
ロボットの動作をプログラムすることは面白いと思う	強くそう思う 9 そう思う 9 あまり思わない 1	強くそう思う 6 そう思う 2 あまり思わない 2		
ロボットのプログラミングを体験して、プログラミングに対する興味が増したと思う	強くそう思う 7 そう思う 12	強くそう思う 7 そう思う 5 あまり思わない 3		
ロボットのプログラミングを体験して、もっと複雑なプログラムを作りたいと思う	強くそう思う 5 そう思う 12 あまり思わない 2	強くそう思う 6 そう思う 9		
ロボットのプログラミングを体験して、ロボットのハードウェアに対する興味が増したと思う	強くそう思う 4 そう思う 10 あまり思わない 5	強くそう思う 2 そう思う 9 あまり思わない 4		
ロボットのプログラミングを体験して、新しくロボットを作りたいと思う	強くそう思う 2 そう思う 9 あまり思わない 7 まったく思わない 1	強くそう思う 3 そう思う 4 あまり思わない 8		

示す。いずれも、「強くそう思う」「そう思う」「あまり思わない」「まったく思わない」の4つから選択をさせたものである。

2020年度は学習者のPCを利用させたことから、ロボットの単独使用とPC使用に分け、プログラムの入力と修正の難易度について確認した。表3から、特にプログラムの修正については、ロボットの単独使用では難易度が高い一方、PCを利用することでその難易度を下げることができたことが確認できる。本実践ではオンラインで学習者のPCを利用した授業を行ったが、この評価結果から、学習者のPCを使ったロボット操作は問題なく行えたものと考えられる。

次に、ロボットのプログラム作成(考えたとおりに動作させる)の難易度の結果は、回答人数が少ないものの授業①と授業②では傾向が異なり、授業①の方が難易度を高く感じているように見受けられる。これは授業②(クリアフォルダでの描画)の方が、個人作業として分離し易く、各個人のプログラムの作成内容が単純化されたことが影響しているものと考えている。

ロボットの動作をプログラムすることの面白いと思うか、プログラミングに対する興味の増したと思うか、もっと複雑なプログラムを作りたいと思うか、の各設問については授業①②を合わせ、9割以上が肯定的な意見であることが確認できる。これらの傾向は基本的には2018年度、2019年度に行った対面授業のものと同様である。

「ロボットの動きを授業以外で人に見せたか」の設問については、授業①では、見せた10名、見せていない9名とほぼ半々である一方、授業②では、見せた4名、見せていない11名と見せない場合が多かった。これは各授業における自宅生の割合が異なることも想定されるが、グループ作品のテーマが異なっており、授業①が授業②に比べ他ロボットとの協調作業が多かったことを示している結果にも思われる。

全体の感想としては、「目的の行動のために何度も修正して完成させる作業が楽しかったです。ありがとうございました。」「大学での実技の授業は初めてで、楽しかったです。センサが使えたらより面白いと思いました。」「普段あまり意識しないプログラムの長さについて考える機会となって楽しかったです。」「自分が作成した文字のプログラムが実際にロボットの動きに変

換された経験は初めてだったので面白かったです。他の班の発表を見た限り、様々な複雑な動きへの応用が可能だと思ったのでもっと複雑な絵も書けるのではないかと思います。」といった楽しかった、面白かったという内容が多数ある他、「ロボット自体丸くて可愛いし持ち運びが簡単だし、とても扱いやすいロボットだと思いました。」「長い間一緒に暮らしていたので愛着がわいた。別れることに名残惜しさもあるが、次の主人のもとでも元気に頑張ってもらいたい。」など、ロボットを持ち帰ったことによる感想や、擬人的表現を述べた学習者が複数いた。さらに、「ロボットを持ち運ぶと描く図形にずれが生じ、何度かプログラムを修正しました。タイヤが脱輪することも何度かありました。調整を繰り返す必要がありました。」「電池の残量のせいかもしれませんが、同じプログラムなのに何回か試したらプログラムの途中で動作が終了したり、最後まで動いたりしていたことがあったので直してほしいです。」等、機器に関する問題を記載した内容もあった。

#### 4.3 考察

前節で、学習者のロボットアンケートでの自由記述の感想を例示したが、対面とオンラインとの併用授業で、ロボットを持ち帰らせたことによる長所と短所が散見された。ロボットを持ち帰らせることで授業時間外での操作時間の増加、ロボットへの愛着の増加などが得られる点は長所であると考えられる。一方、持ち帰ることによるタイヤのズレの指摘がある。回収したロボットの状態を全台確認したところ、うまくタイヤ修理ができていない機器や台座のヒビや割れにより一部壊れてしまった機器等もあった。ロボットの描画そのものには再現性があるが、機器の故障には対応できていない。機器状況を確認するための工夫が必要と考える。

また、うまく動かない場合に、学習者は電池などを原因と考えることがあるが、プログラムに問題がある場合が多い。前節の「同じプログラムなのに動作が変わった」原因は、電池ではなく、学習者のプログラムの問題であったため、別途学習者に原因となるプログラムの問題を知らせ、理解を深めるように対応した。

このほか、「PC 入力する際なのですが、コメントを入れられるとプログラムを組みやすいと思いました」

という感想があったが、実はアセンブリ言語での表記にはコメントを入れることは可能である。次年度では説明を追加して、授業実施を行っていくこととする。

授業全体として、前半の対面授業でプログラミングロボットと PC 操作に慣れさせた上で、グループ作業をオンライン上で行う授業構成は効果的に実行可能であると評価できる。現時点では機材の送付を想定した全期間オンラインでの構成は考えていないものの、対面授業における学習順序の変更（ロボット操作と PC 操作の順序変更）や、ロボット組み立てを含めた授業構成についても検討を進め、対面授業への各種制約状況に応じた効果的な学習構成を追求していきたい。

## 5. まとめ

本稿では、プログラミングロボットを用いた対面とオンラインを併用した 2020 年度の授業実践について報告し、対面のみの場合と比較しての長所短所を考察した。学習者の持つ PC 環境で、ロボットと PC との接続を実現するために新たに開発したシステムが有効に利用できたことを示した。学習者の評価結果から、対面授業時と同様に、個別学習と協調学習を組み合わせた授業を効果的に行うことができたことと評価できる。

## 謝辞

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, p 7 (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)
- (5) BigBlueButton, <https://bigbluebutton.org/>, 2021/6/15 閲覧