

プログラミングロボットを用いたグループ作品制作における メンバーの役割分担の現状と課題

布施 泉^{*1}, 野口 孝文^{*1}

^{*1} 北海道大学情報基盤センター

Current Status and Issues of Member Role Sharing in Group Work Production using Programming Robots

Izumi FUSE^{*1}, Takafumi NOGUCHI^{*1}

^{*1} Information Initiative Center, Hokkaido University

大学の一般教育として、プログラミングロボットを用いた授業を開講し、様々な知識レベルの学習者が履修をしている。授業では、基礎的な操作を個別学習で学んだ後、グループでロボットの動きを組み合わせた作品を企画し、発表会と相互評価を行う。このグループによる協調作業の中で、著者らはプログラミング能力の育成と深化を期待しているものの、グループによるメンバーの作業分担は必ずしもその期待に沿うものではない場合がある。このような現状と課題について報告する。

キーワード: プログラミングロボット, プログラミング能力, 協調学習

1. はじめに

学習指導要領の改訂で、初等中等教育段階でのプログラミング教育が強化されている⁽¹⁾。この新学習指導要領を経た学生は、2025年度から大学に入学してくる。過渡期を経た後には、全入学生が「プログラミング的思考」を習得して大学に入学することが期待される一方で、学習者の入学時における知識やスキルの幅は大きいことが予想され、その解消は容易ではないことが予期される。

著者らは、2018年度から大学1年生を対象とした少人数の演習授業の中で、プログラミングロボットを用いた授業を行っている⁽²⁾。機械語命令で動作するロボットを操作する中で、プログラミングについて学ぶことを想定して授業を構成している。1年生を対象とする選択の一般教育であるため、文系・理系を問わない学習者がおり、事前の学習者の知識にも幅がある。そのような中で、本授業の授業後の学習者のアンケート調査では、年度を問わず一貫してロボットをプログ

ラミングすることに興味関心が高いことを確認している⁽³⁾。

大学1年生に対するこのような演習系の授業は、初年次教育としても位置付け機能することが望ましいと考える。本授業では、このような視点から2022年度のシラバスでは、到達目標として、以下の3点をあげている。

- ・機械語命令でプログラミングするロボットを用い、ロボットの動きを制御する中で、プログラミングとその背後にあるコンピュータの仕組みを知ることができる。
- ・センサー等の仕組みを用いて複数のロボットの動きを全体企画するなかで、目的に応じてロボットを動かすプログラムを作ることができる。
- ・グループでの学習活動を通し、円滑で効果的な協調活動を行うスキルを獲得する。

まずは、プログラミングロボットを用いてプログラミングについて個別学習により理解を深める。次に、グループで複数のプログラミングロボットを動かす企画

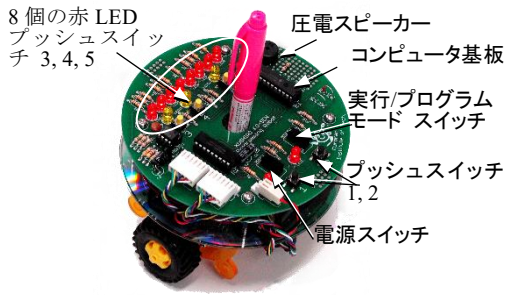


図1 プログラミングロボット

を立てる中で目的に応じたプログラム作成をグループワークとして課し、グループ内でコミュニケーションを深め、協調学習を円滑に進めることを求めている。

著者らの意図は、上記した通りではあるものの、特にセンサーを使いだした 2021 年度から学習者のグループ作品におけるメンバーの役割分担が変化してきた。グループ内の作業分担として、ほぼプログラミングを行わない学習者が発生してきたのである。これはそもそもその到達目標から想定しておらず、どのようにして対処するかを現在検討しているところである。

2 章では本授業の基本的な授業構成、センサーを用いたことによる変化、作品企画における制約条件の変化と作品の状況を述べる。3 章で課題解消に向けた試みを述べ、4 章で現状のまとめを記す。

2. 授業構成と各年度の実践の特徴

2.1 授業構成

本報告における授業は、著者らの所属する大学で実施する大学1年生対象のフレッシュマンセミナーという演習で半期15回、2単位のものである。履修者は最大23名である。

本授業では、プログラミングロボットを1人1台用意し、特定のロボットを毎回使用することとしている。学習者は、前半5回程度で一通りのロボットの操作を理解する。ロボット単体でもプログラミングは可能であるが、ステップが多い複雑なプログラムは、コンピュータから送信する形の方が容易である。プログラミングロボットの形状を図1に示す。命令は8bitの番地内に格納できる（一部は予約済みで使える番地は200程度）。

授業中盤から後半では、3名から4名程度のグルー

表1 年度によるグループ作業実施の状況の違い

年度	授業形態	PC・協調学習形態
2018	対面 (5グループ)	専用マシン (1台/グループ) 作品は1台に集約 ロボットは授業時のみ貸出
2019	対面 (6グループ)	専用マシン (1-2台/グループ) 人数分のロボットを用いる 協力して描画 ロボットは授業時のみ貸出
2020	対面 & オンライン (6グループ)	個人PC (状況により個別貸出) 人数分のロボットを用いる 協力して動作 ロボットは自宅持ち帰り
2021	対面 & オンライン (6グループ)	個人PC 人数分のロボットを用いる 協力して動作、センサー利用 ロボットは自宅持ち帰り
2022	対面 (6グループ、ハイブリット有)	個人PC 人数分のロボットを用いる 協力して動作、センサー利用 ロボットは自宅持ち帰り可

プに分かれ、グループ発表の作品を企画する。第13回か14回あたりで発表会ならびに相互評価を行い、第15回で授業全体の振り返りを行っている。

2.2 各年度の実践の特徴

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、2022年度は再び対面（体調が悪い学習者が発生した場合には対面とZoomのハイブリッド）で実施した。

2020年度と2021年度は、グループでの協調学習をオンラインで行うこととし、その間はロボットの持ち帰りを実施した。2022年度はその流れを受け、各自の進捗状況に応じ、連絡の上持ち帰りも可とした。

表1に各年度の実施状況の違いをまとめた。

2018、2019年度は、PCとロボットの接続には教員側で用意した専用PCを授業時にグループ毎に貸し出していた（2018年度はPC5台5グループ、2019年度はPC9台6グループ）。ロボットも授業時のみ貸し出し、グループとしての作品が完成しない場合には、教

員が付き添うことを条件に時間外学習を行うことを認めた。

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 年度になり、コロナも若干落ち着いたため、授業は原則対面に戻した。一部、体調不良もしくは、冬場で JR 不通の際の代替手段として Zoom による出席を認めた。

2021 年度からロボットに光センサーを取り付け、ロボット上にあるプッシュスイッチの押下をセンサーに代替させることができるようになった。ロボットにはプッシュスイッチが 5 つ付いているが、そのうちの 3 つをセンサーに代替させることが可能である。光センサーにより、スイッチ押下時と同じ条件分岐プログラムを実行することができる。2022 年度には、2 つのセンサーを用いてラインレースを行えるようにした。

2.3 グループ作品の制約と制作時の作業分担

2022 年度のグループ作品制作において課した条件は以下の通りである。

- ・ 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（最初にあるロボットのセンサーを検知として動作開始）。
- ・ 実行後は、終了まで原則ロボットには触らない
- ・ グループ員全員のロボットを動作させる
- ・ 各ロボットで必ずセンサーを用いる（各ロボットで最低 1 個のセンサーを用いる）※すべてのセンサーを使わなくてもよい
- ・ 音を出す（いずれかのロボットでよい）
- ・ ボールを使う（グループで 1 つ以上）
- ・ これ以外の要素が入っても構わない

グループメンバー分のロボットを動作させるため、3 台もしくは 4 台のロボットで作品を構成する。4 台のロボットがある場合には、1 台を音楽担当にするグループが殆どである。また、残りのロボットは順次、前のロボットの動作に応じて反応する形の作品とすることが多い。2022 年度の発表作品の提示状況を図 2 に

まとめる。

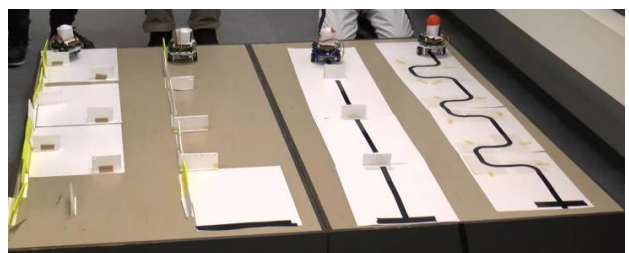
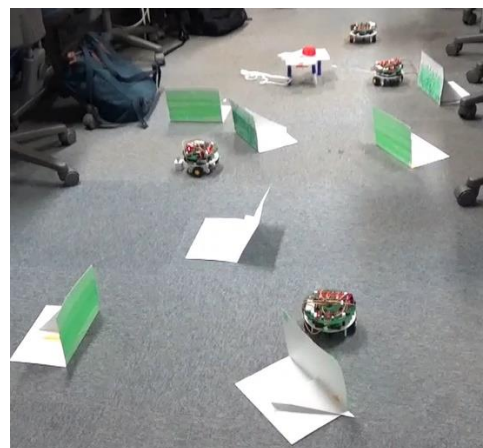
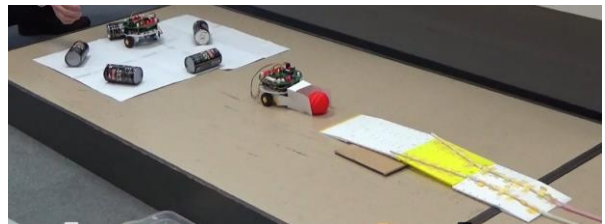
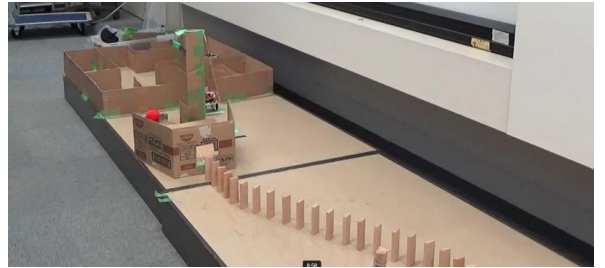
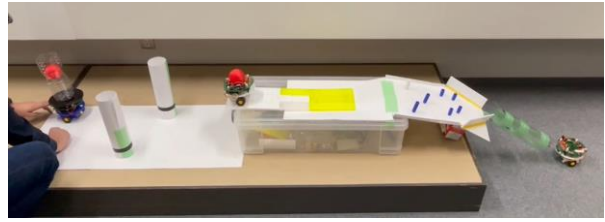


図 2 2022 年度発表会の舞台。6 グループのうち上 5 グループはロボットが直列動作、下は並列に動作。

全体を通して、舞台装置に様々な工夫が凝らされていた。そのため、メンバーの作業分担として、プログラムではなく舞台のみを制作する担当がでてきたグループがある。例えば、図2の上から3番目のグループでは、サーキットを2台のロボットが回るが、基本的に同じ動作をさせ、ほぼ同一のプログラムをロボットに組み込んでいる。協力してそのプログラムを制作していれば授業意図としては問題ないのであるが、結果的に1名が2台のロボットのプログラム担当、1名がサーキットの舞台作り、最後の1台は音楽等別動作という形で分担していた。また、上から2つ目のグループは、最初に迷路があり、最初のロボットは右手の法則で迷路を脱出するプログラムを組み込んでいるが、その後は、前のロボットをセンサー感知してまっすぐ進むだけのプログラムのロボットが繋いでおり、極めて単純なプログラムのみで完了している。しかし、そのような担当は土台に設置した紐をロボットが超えたらその紐が切れ、ボールが飛び出すといったギミックを組み込んでいる。ロボットを動かすプログラムの工夫ではなく、舞台工夫のウエイトが全体として高い傾向が見受けられた。結果として学生の満足度は高いものの、著者らの意図としたプログラミング能力の向上に資する作業分担にはなっていなかったグループがあった。

2.4 グループ作品発表会の成功に向けた改善思考

2022年度のグループ作品では、発表会に成功した事例が少なく、リベンジで及第点の動作をしたグループが殆どであった。これは、一つのロボットの動作のずれが、微妙に次のロボットに引き継がれ、すべてのロボットが100%の出来を出せないことに起因している。例えば、図2の一番下のグループは4台のロボットが別々に動作するものである。発表会ではこのうちの1つが動作しなかったのであるが、その部分だけ再度動作をさせ、グループメンバーは概ねの成功に満足していた。一方でそれ以外のグループでは、どこかでミスが出てしまうと一つの作品として完了しない作りになっていた。

本来は微妙なロボットのずれは、センサーで補正す

るように企画をしていたが、学習者たちの工夫に反映されることは少なかった。

一方、授業で行ったボタンによる条件分岐処理の内容を理解し、一つのボタン（センサー）で、一度目の動きと二度目の動きを変えるようなプログラムを工夫する学習者もいた。何ができるか、どのようにするとできるか等をプログラムの工夫する学習者と舞台装置の改良で問題を解決しようとする学習者に分かれた。

3. 課題解消に向けた試み

2020年度までは、各自のロボットで独立して描画をさせたり、ダンスをさせたりしたため、グループ作品においても各学習者がプログラミング要素を検討することが必要になっていた。しかし、2021年度からセンサーを用いた舞台上での動作を課したところ、前述の通り舞台に凝るグループが発生し、結果としてプログラミングを作業分担として行わない学習者が発生した。このような状況では、誰がどの程度、ロボットにプログラムを入れて実行していたのか、どの程度の理解をしているかの確認も難しくなる。

この状況を改善するために、2023年度はロボットへのプログラム転送状況を保持し、学習者の状況把握ができる独自システムの使用を検討している。

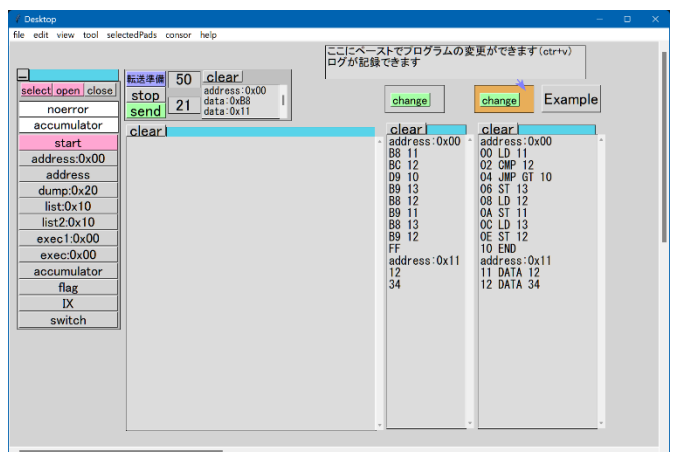


図3 ロボットへのプログラム転送画面とログ蓄積

図3に、学習者の各回の授業におけるロボット入力データを蓄積するための環境を示す。ロボットにプログラムを入力するために個人PC上で用いていたシステムを改修し、ロボットへプログラムを入力し、送信する際（「send」ボタンを押下した際）に、PCの特定ディレクトリ内に送付プログラムを機械語及びアセンブリ言語で蓄積する機能を付与した。日付のディレクトリ内に時間・分・秒が記載されたファイルが格納されていく。

毎回の授業終了時に、PC内にある日付フォルダ内のデータを全てアップロードしてもらうことを想定している。これは教授者にも学習者にもメリットがある。教授者は学習者の細やかなプログラム作成状況の把握が可能になるとともに、ロボットへのプログラム送付変遷を理解することができる。どの段階でどのように困っているかの質問対応にも乗りやすい。また、学習者は、ロボットの動作がうまくいかない場合、時間を確認してプログラムを戻すことができるようになる。これまでは、意識的にプログラムを確保しなければ、なくなってしまう途中プログラムを自動保持できることのメリットは大きいと考えている。

次に学習者の満足度は、制作した作品が100%ではなくとも意図に沿って動作することにより高まると考えられる。前述の通り、2022年度は発表会時の完成度合いは高くなかったものの、リベンジ時間を最大限取ることで、どうにか学習者の達成感は確保できていた。しかし、授業時間は限られており、いつも達成できるとは限らない。

もしも1台ずつロボットが順次動作し、それをセンサーで接続していくような(ロボット直列の)動きで、仮に4台続くなれば、各ロボットが9割の成功率であったとしても全体の成功率は0.9の4乗の6割強程度となってしまう。2つのロボットを並列して同時に動かす等、できるだけ各ロボットの出来が次に派生する可能性を減らすような企画が望まれる。

最後に、様々なプログラム例を提示することで、プログラムのできそうなことを増やすことを検討したい。実際にはプログラム例を活用する機会を増やすことが望ましいと考えられるため、グループ活動の前に

ペア活動を挿入し、比較的簡単な課題を共同で解く期間を作ることを検討している。

グループ活動の一環として、舞台装置に凝ることは悪いことではない。しかし、例えば垂直の壁でないと機能しない迷路脱出プログラムの改善方法は、舞台装置としての迷路を完璧に作ることで達成するのではなく、垂直プログラムでない場合にプログラムのどのようになると解決できるかを検討するような取り組みとすることの方が本授業の設計意図としては望ましい。

4. まとめ

本稿では、プログラミングロボットによるグループ作品の企画において、メンバーの作業分担がプログラミング能力育成につながらない場合があることを示した。また、その改善策をいくつか検討している。2023年度の授業実践で、これらの試みがどのように学習者の状況に反映するのかを確認し、実際にプログラミング能力がどのように変化していくかを評価していきたいと考えている。

参考文献

- (1) 文部科学省, 平成 29・30・31 年改訂学習指導要領 (本文, 解説), http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm(2023年6月14日確認)
- (2) 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, vol34, no.2, pp.89-95 (2019)
- (3) 布施泉, 野口孝文, 梶原秀一, 千田和範, 稲守栄, “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”, 教育システム情報学会研究会報告, vol36, no.2, pp.31-38 (2021)