

## [研究助成 (A)]

## 学習者の主体的な行動を促すグループワーク支援ロボットの研究

2241026



研究代表者 富山県立大学  
(助成金受領者)  
共同研究者 富山県立大学

教授 増田 寛之  
教授 小柳 健一

## [研究の目的]

近年、アクティブラーニングの重要性が高まり、少人数でのグループワークによる主体的な課題解決活動が教育現場に導入されている。グループワークでは、発言や参加意欲にばらつきが生じやすく、教員や支援者による個別支援が学習効果の向上に重要である。一方、教育現場では教員数が限られており、各チームの進捗管理や個別指導には大きな負担がかかるという課題がある。

本研究では、グループワークにおいて、少人数でペアを組んだチーム毎にコミュニケーションロボット（以後、アシストロボット）を配置し、ロボットが学習者との対話を通じて学習のモチベーション向上を目指すとともに、情報収集を行うことで教員にとって有効な支援環境の構築を目的とする。この目的達成に向けて、まず第1段階では、アシストロボットの導入によってチーム単位での学習支援を実現し、学習者の主体性や協働的な取り組みの促進に繋がるかを明らかにする。さらに、学習者の主体性や共同的取り組みを効果的に促すロボットコミュニケーションのあり方を議論する。次に第2段階では、ロボットが収集したチームの学習進捗や行動データを教員と共有する仕組みを構築し、教員がグループワーク全体の進捗を容易に把握できる教育支援システムの実現を目指す。これにより、学習者の成果向上と教師の負担軽減をまとめて期待できると考えている。

本報告書では、まず第1段階に焦点を当てる。対象は、小学生向けロボットプログラミング教室におけるグループワークとし、アシストロボットによるチームごとの支援を通じて、主体的な学習の促進として機能することを実証的に検証することが目標である。従来の研究では、e-Learningなどの個別学習支援において、ロボットによるモチベーション向上や学習効果が報告されているが、グループワークにおいてチームごとに状況を把握しながら支援を行う事例は乏しく、その有効性や行動変容に関する知見は十分ではない。これを踏まえて、本研究では以下の2点の技術課題に取り組む。

- ① チーム毎の応答に基づいたアシストロボットのコミュニケーション機能の開発
- ② 学習者の進捗状況を自然な形で記録するシステムの構築

①については、親しみを感じさせる外観と表現に加え、音声認識・チームの学習進捗に基づいた動作の実現が重要となる。②については、記録されていることを学習者が過度に意識しない仕組みとすることが重要となる。

## [研究の内容、成果]

## 【グループワークにおける課題設定】

本研究では、小学生がLEGO SPIKEを用いて移動ロボットを製作し、図1で示すようにアシストロボットを移動ロボットに搭載して、目的地まで移動させるという課題を設定した。課



図1 グループワークにおける課題設定

題は、目的地到達、経由地点通過、マップの周回といった異なる難易度の課題を用意し、チームの進捗状況に応じて柔軟に提示できるよう構成した。進捗の早いチームには追加課題を提示することで、学習が途切れることを防ぎ、学習機会を最大限に活用できるよう設計した。

プログラミング教育の進行は、開始から20分程度でマニュアルを見ながらLEGOブロックを用いて移動ロボットを製作する。続いて、LEGO SPIKEを動かすためにScratchベースのプログラミング環境の基本を学ぶため、モータの動作、センサとの連動、及びライントレースのプログラムを学ぶ練習課題を3つ実施する。その後、走行マップ上でアシストロボットを目的地まで運ぶ課題に取り組む構成とした。

#### 【アシストロボット「小ドンマス」の開発】

図2に開発したアシストロボット「小ドンマス」の構造を示す。小ドンマスは、可動箇所として肩・肘・腰の合計5軸を有し、学習者との対話的インタラクションを実現する複数の機能



図2 アシストロボット「小ドンマス」の構造

を備えている。視線表現には超小型LCDを用い、目の表情を動的に変化させることで状態を伝える。マイクは手元に配置し、手挙げ動作と連動した音声認識を実現しており、使用者にとって直感的な操作が可能である。さらに、IMUによりロボットの持ち上げ動作を検出し、NFCリーダにより移動ロボットへの搭載状態を認識できる構成とした。センサ・モータ制御はArduinoで実装し、音声認識やネットワーク通信など高機能な処理はRaspberry Pi 4Bを用いて実装した。

外装は、富山県立大学のPRキャラクター「ドンマス教授」をベースとし、小学生から親しみを持って受け入れられるデザインとした。また、子供っぽさを感じられる音質の音声合成ツールを搭載した。教室でのグループワーク実施に対応するため、同一仕様のロボットを計5台製作した。

アシストロボットのコミュニケーションにおける方針として、フランク心理学に基づく手法を適用した<sup>[1]</sup>。既存研究において、フランク心理学に基づくロボットコミュニケーションは、ロボット自身が弱さを示す発話や行動をすることで、被験者が得られる価値に気付かせることによって自発的な行動を促すことを示している。そこで、ロボットの発話として、「〇〇（目的地）まで自分で行きたい」や「もっと早くいけないかな」といった自身ができない弱みを示す発話を行うことで、学習者に「助けてほしい」という感情や責任感を喚起させることに繋がる。これにより、ロボットとの関係性を通じて学習者の内発的動機づけを高め、プログラミング教育におけるモチベーションの向上に繋がることを期待している。

#### 【行動・進捗計測システムの構築】

ロボットが学習状況に応じた適切な支援を行うために、図3のような複数のデバイスが連携するシステムを構築した。各チームに配付したPC (Chromebook) にはマニュアルアプリを搭

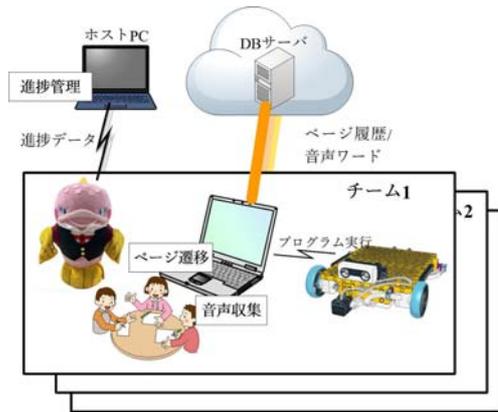


図3 ロボットを用いたプログラミング教育のシステム構成  
載し、開いたページ番号をIoTサーバへ随時記録する。加えて、音声認識APIを用いて発話内容（主語・動詞・形容詞）を定期的に収集・解析して、MySQL DBに記録する仕組みとした。ホストPCではDBに集約したデータをもとに、チーム毎に現在の学習フェーズ、学習時間、及びチーム内の会話の傾向をリアルタイムに分析する。ソフトウェアとしては、既存のシステム構成を元に、モジュール分割した構成とし、問題が起こっても常にロボットが動作し続けることを優先した構成とした<sup>[ii]</sup>。

実証実験に向けた最初の段階として、音声データより過去5分間における否定的語彙（例：「～ない」「だめ」等）の頻出度合いがしきい値を超えた時や、マニュアルのページが一定時間変化しない状況が継続した場合に、対応するチームのアシストロボットへコマンドを送信する。ロボットは、指令に基づいて、マニュアルの現在ページに関連する補足発話を行うことで、学習者の自律的な問題解決を支援するよう設計した。

### 【実証実験と評価】

実証実験として、連携している学童施設にてロボットプログラミング教室を実施した。ロボットありにて実施した際の実証の様子を図4に示す。参加した児童は小学3～6年生であり、2024年1月にはロボットを使用しないグループワークを行い参加者は18名（8チーム）、



図4 実証実験の様子

2025年3月には本研究のロボットシステムを導入したグループワークを行い参加者は13名（5チーム）、いずれも1チームあたり2～3名とし、同じ教育課題で実施した。本実験にあたっては、富山県立大学倫理審査委員会の承認のもと、保護者の同意を得てデータの収集を行った。

実験結果において、客観的な指標に基づく比較として、チーム毎のマニュアルのページ送りの推移を図5（ロボット無し）、図6（ロボットあり）に示す。ページを切り替えた時間でマーカーを表示しており、マーカーの区間が長い箇所は同じページを開き続けたことを示している。マニュアルのページとしては、30ページまで

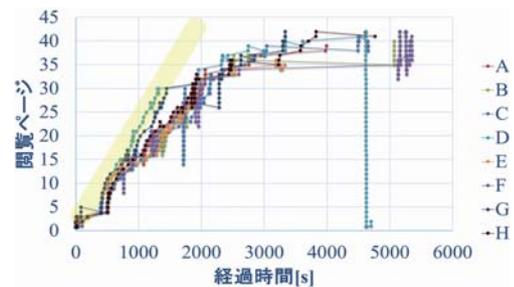


図5 ロボット無しのマニュアル進捗

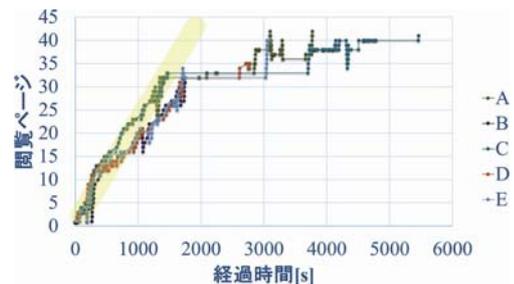


図6 ロボットありのマニュアル進捗

がロボットの組み立て、34 ページまでがロボットの動作のためのプログラミングの基礎、35 ページ以降はセンサと連携したプログラムなど小学生には難易度高めの内容となっている。ロボット無しの場合では、34 ページに到達するのに 30~40 分かかっているのに対し、ロボットありの場合では 25 分~30 分と進行が早かった。

取組中の発話内容の分析として、発話内容を各チームの PC で録音し、Whisper API で文字起こしをした後、MeCab を用いて品詞分類を通して検出頻度の高いワードを抽出した。図 7 にロボットありの時に頻繁に検出されたキーワードを示す。「いい」「回」の検出頻度が高く、ロボットの無しと異なる点はなかった。ただし、環境音として収集したため、ノイズや音量の小ささから文字起こしの精度が低くなり適切な仕分けができなかった点が課題となった。

主観的な評価として、教室終了後にアンケートを行った。図 8 にアンケートの集計結果を示す。各項目でロボットありと無しにおいてカイ二乗検定を行ったが、有意差は確認されなかった。しかし、基本的に配付したマニュアルを各自で読んで進めるスタイルながら、ロボットありでは教室の進行や説明の分かりやすと感じる傾向が分かった。特に、小学生には難しめの課題設定としているが、むずかしい問題に対して、ロボットありでは、より友達と相談する傾向が強い事が分かった。自由コメントでは「プログラミングは難しいけれど、動かすのは楽しかった」と回答するなど、難しいと感じていた

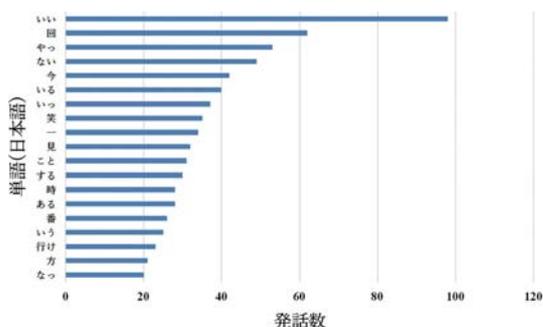


図 7 ロボットありの発話キーワード

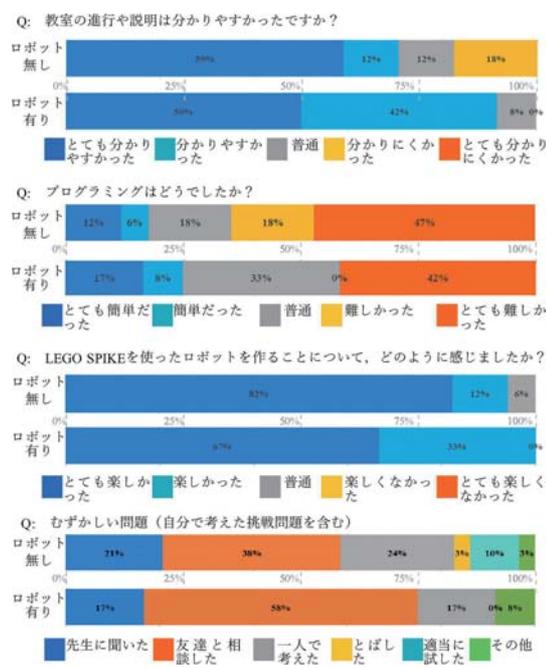


図 8 主観評価の結果

がロボットを動かしたりみんなで相談して楽しいと感じる学習者が多かった。

教員による観察・評価について、ロボット無し的时候は進捗が停滞したチームにつきっきりになることがあり、他のチームの進捗が停滞するなど、進捗停滞と教員の負荷の大きさが問題となった。ロボットあり的时候は、子供達がロボットの発話するキーワードに反応し、チーム内で様々な議論、試行を重ねることに繋がる様子を観察できた。ロボットの発話内容は、進捗に対して適切とは限らないケースも観察されたが、チーム内では気になるキーワードを議論のきっかけとして、チーム内での工夫を相談し、より充実した試行錯誤をしていた。結果として、教員のサポートが特定のチームに集中する場面が減少したと感じた。

【まとめ】

本研究では、小学生向けのグループワーク教育におけるチーム単位の学習支援を目的とし、アシストロボット「小ドンマス」と進捗計測システムを統合した教育支援環境を構築した。

実証実験の結果、ロボットの導入により学習

の進捗が促進され、児童の自発的行動やチーム内の相談が増加したことが確認された。また、教員の観察からは、支援の偏りが減り、学習者の自発的な活動が促進される可能性が示された。

今後の課題として、収集したデータからより状況に適した支援タイミングの推定など、理解促進を促すコミュニケーション手法のあり方、教師と共同で支援を行うための仕組みの構築を検討している。

[成果の発表、論文など]

- [1] 堀江悠生, 増田寛之, 布施陽太郎, 小柳健一, 澤井圭, 李豊羽, アルマスリ アハメド: “グループワークでのチーム支援を目的としたコミュニケーションロボット「小ドンマスロボット」の開発”,

第42回日本ロボット学会学術講演会 RSJ2024, 3A1-05, 2024.

- [2] 増田寛之: “教育支援ロボットに求められる機能とシステム構成”, 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌), Vol. 36, No. 4, pp. 105-110, 2024.

[参考文献]

- [i] 増田寛之, 松尾優成, 林憲玉: “フランク心理学に基づくパートナーロボットの知的インタラクション”, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 26, No. 1, pp. 549-558, 2014.
- [ii] H. Masuta, E. Hiwada and N. Kubota: “Control Architecture for Human Friendly Robots Based on Interacting with Human”, 4th International Conference on the 2011 International Conference on Intelligent Robotics and Applications, Part II, LNAI 7102, pp. 210-219, 2011.