

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K11591

研究課題名（和文）VR技術を用いたロボットプログラミング環境の構築と自動採点手法の確立

研究課題名（英文）Robot programming environment using VR and automatic scoring

研究代表者

安留 誠吾（YASUTOME, Seigo）

大阪工業大学・情報科学部・教授

研究者番号：50252721

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：VR技術を用いたロボットプログラミング環境のプロトタイプシステムを設計・実装した。プログラミング環境に、演習課題を内包することで、実行結果から自動採点する仕組みを実装した。演習課題は、ロボットが通り抜けることができない障害物、ロボットが接すると消えるフラッグを複数個設置し、全てのフラッグに触れることでゴールとなる。本システムでは、逐次処理、条件分岐、繰り返しを学ぶ基本的な演習課題を事前に準備しているが、障害物、フラッグの設置を編集するだけで、演習課題の難易度を変更でき、自動採点も行うことが可能である。また、同一システムではないが、iPhone、Android用のプログラミング環境も実装した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

小中学校でのプログラミング教育が必修化になり、大学入学共通テストでもプログラミングを含む教科「情報」が導入されるなど、プログラミング教育の重要性はますます高まっている。本研究で設計・実装したシステムは、ブロックプログラミングによりプログラミングを行うが、同等のプログラムを常にテキストでも提示することで、ブロックプログラミングからテキストプログラミングへの移行を支援するという特徴を持っている。また、ロボットを素材として使用し、ゴールまでのタイムを競うゲーム性を取り入れており、生徒を引き付けるシステムとなっている。今後、クラス運営に必要な機能を追加することで、実用性を向上させることが可能である。

研究成果の概要（英文）：We have designed and implemented a prototype system for robot programming environment using VR. By including an exercise task in the programming environment, an automatic scoring system was implemented based on the execution results. The exercise task consists of several obstacles that the robot cannot pass through and several flags that disappear when the robot comes into contact with them, and the goal is reached by touching all the flags. The system prepares in advance a basic exercise task for learning sequential processing, conditional branching and repetition, but the difficulty level of the exercise task can be changed simply by editing the obstacles and flag placements, and automatic scoring can also be performed. A programming environment for iPhone and Android has also been implemented, although not on the same system.

研究分野：教育工学

キーワード：プログラミング教育 AR

## 1. 研究開始当初の背景

小中学校でのプログラミング教育の必修化に合わせ、プログラミングの塾などでロボットを制御するプログラムを作成することがある。一方で、大学でのプログラミング教育は、C、Javaなどのコンパイルを必要とする言語やPython、Rubyなどのスクリプト言語が利用されていることが多い。大学でもロボットを題材としてプログラミング教育を行っていない訳ではないが、少人数のグループで行うしかなく、数十人規模の演習教室で行うにはいくつかの問題がある。そこで、問題を解決するために、1. プログラミング環境の提供、2. 成果物の評価手法を提案、3. 自動採点システムとして実装を行う。

## 2. 研究の目的

一見、統合プログラミング環境とロボットのシミュレータを作成するだけの研究に見えるが、様々な要因で動作が変わるプログラムを学生からのクレームがでないように自動採点することは、難しい。そこで、プログラミング環境、自動採点環境ともに同じ環境にするためVR(仮想空間)にて行う。これにより常に同じ環境で実行するため、簡単にデバッグができ演習効率も向上する。また、様々な要因で動作が変化することで動作が変わることもVRでは簡単に体験することができ、学習効果も期待できる。

## 3. 研究の方法

本研究では、ロボットプログラミング環境を構築し、自動採点手法を確立するために、以下の事柄を行った。

- (1) 仮想ロボットを操作するプログラミング環境の構築
- (2) 自動採点を行うための課題設定と採点
- (3) AR技術を活用したプログラミング環境への改良

## 4. 研究成果

前節の各項目について研究成果を述べる。

- (1) 仮想ロボットを操作するプログラミング環境の構築

図1に示す課題ページはブロックエディタ、テキストエリア、シミュレータ、障害物編集エリアの4つの要素から構成されている。ブロックエディタ(Blocklyを使用)はArduino言語に変換を行い、テキストエリアに記述する。そして、Arduino言語(一部の命令は未対応)を解釈し、シミュレータ内の黒い台車型ロボットが動作する。また、シミュレータ内に障害物とフラッグが複数設置されており、各課題は全てのフラッグに触れることでクリアとなる。障害物と旗の配置は、障害物編集エリアや設定ファイルにて変更可能である。ブロックエディタとテキストエリアを表示することで、テキストエディタへの移行を支援する効果が期待できる。また、テキストエリアのコードは、Arduinoを搭載した市販のロボットを直接動作させることができ、実機を使った演習も可能である。

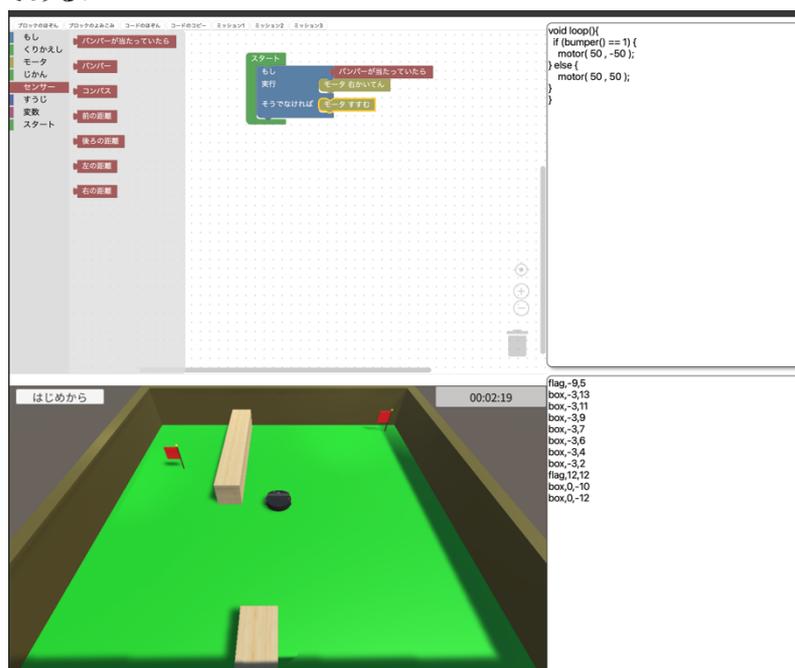


図1. 課題ページの例

## (2) 自動採点を行うための課題設定と採点

上記のプログラミング環境において、逐次処理、条件分岐、繰り返しを学ぶ基本的な演習課題を事前に準備した。各課題をクリアした日時、プログラム、クリアタイムなどを自動的にサーバで記録し、課題の進捗状況を提示することで、自動採点と進捗管理を行うことが可能となった。プログラミング環境の実用性を検証するために10名の高校生に模擬授業を行い、アンケートおよびヒアリングを行った。その結果、クラス運営に必要な機能の充実が課題であることが明らかになった。

## (3) AR技術を活用したプログラミング環境への改良

上記プログラミング環境はWebブラウザで動作するがARへの対応が難しいため、iPhoneおよびAndroid端末への対応を行った。

### iPhoneへの対応：

当初Unity開発環境にてVuforiaを使ったAR環境への対応を行った。その後、LiDARスキャナを活用するためにAppleが提供するARKitを利用した。LiDARスキャナおよびARKitを活用することで、より正確な平面検知を行い、平面上に障害物、ロボットを配置し、ロボットをコントロールするプログラムを実行する機能を実装した(図2)。

プログラミング環境の実用性を検証するために20名ほどの小学生に使用してもらい、アンケートによる評価を行った。その結果、準備した課題は難しかったようだが、楽しくプログラミングを体験できたことがわかった。難易度の調整や機能を追加することでより実用性の高いプログラミング環境となることがわかった。



図2 iPhoneでの実装

### Androidへの対応：

Androidでは、ARCoreを利用してAR環境を実現した(図3)。プログラミングインタフェースはBlocklyを利用した。Blocklyを利用したことで、小学生でも使いやすいブロックエディタを利用したプログラミング環境となった。ARCoreを利用したアプリケーションとWebベースのBlocklyを連携するためにWebViewおよびWebSocketを利用した。

プログラミング環境の実用性を検証するために7名の大学生に使用してもらい、アンケートによる評価を行った。小学生の利用を想定して課題を設定しているが、大学生でも楽しくプログラミングを体験できたことがわかった。WebViewを利用するため、Android端末とは別のPCを活用しているが、Android端末だけで利用可能なプログラミング環境を構築することでより実用性の高いプログラミング環境となることがわかった。



図3 Androidでの実装

## (4) まとめ

本研究では、VR技術を用いたロボットプログラミング環境の実装と自動採点手法の提案を行い、実用性の検証を行った。今後、複数のプラットフォームでの仕様を統一し、クラス運営に必要な機能を充実させることで実際の授業現場での利用が期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小林 陸斗, 安留 誠吾
2. 発表標題 ARを用いたプログラミング学習アプリの開発
3. 学会等名 2022年度教育システム情報学会 学生研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平田 将人, 安留 誠吾
2. 発表標題 初等中等教育向けのプログラミング学習環境および教員支援システムの開発
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平田 将人, 安留 誠吾
2. 発表標題 ブラウザ上でも動作する初等中等教育向けプログラミング学習環境
3. 学会等名 情報処理学会第81回全国大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------