

### 1. 背景と目的

子ども向けのプログラミング教育では、ロボットを用いたプログラミングが学習教材に多く扱われている。ロボットを用いたプログラミング学習では、PC 画面やタブレット上でプログラムを作り、ロボットに転送して動かす。ロボットが動くことで初心者にもプログラムの動きが視覚的に理解しやすく、他の子どもとの協同学習もしやすい利点がある。

しかし、ロボットを用いたプログラミング学習では、動いているロボットと実行中のプログラムの関係付けが難しいこともある。プログラム実行中の変数など、ロボット内部の状態の変化や実行手順の途中経過は、直接は見えないからである。

そこで、本研究では実行中のプログラムの情報を AR (拡張現実感) 技術を用いて可視化し、子どもの理解を深めるロボットプログラミング教材の開発を行う。

### 2. 関連研究

プログラミング教育の方法の 1 つとして、タンジブルプログラミングがある。これは、画面上ではなく、ブロックなどの物理的なモノを用いてプログラミングを行うものである。

タンジブルプログラミングの初期の例として、アルゴブロック[1]がある。これは、電子回路が内蔵されたブロックに「前に進む」「くりかえす」などその機能を表すマークが書いてあり、ブロックを順番に結合していくことでプログラミングするものである。この研究では、ブロックという実体があることで、子ども同士の協同学習にもふさわしいことが報告されている。

さらに、タンジブルプログラミングをロボットプログラミングに適用した例として、文献[2]の研究が報告されている。これは AR マーカーが付いたカ

ードを利用しており、それらを組み合わせてプログラミングするものである。システムは、カメラで AR マーカーを認識し、Bluetooth 通信でロボットにプログラムを転送することでロボットが動作する。

### 3. システムの提案

本研究では、タンジブルプログラミングでプログラミングを行うことができ、AR を用いてプログラム実行中の内部データの可視化ができるロボットプログラミング教材の開発を行う(図 1, 図 2)。この教材を使うことで、子どものプログラミングへの理解度が向上すると考えている。

本システムでは、図 1 のように AR マーカーが付いた物理的なカードをカメラが認識することで、

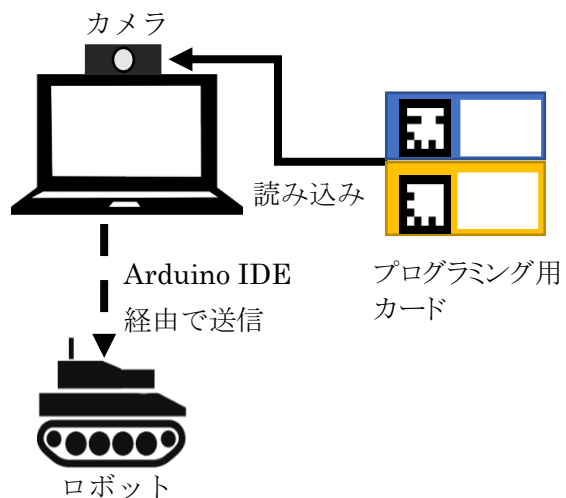


図1 ロボットのタンジブルプログラミング

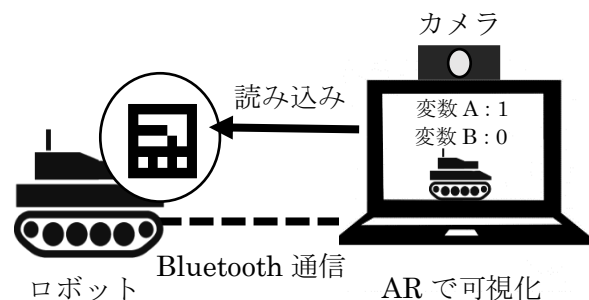


図2 ARによる内部データの可視化

プログラミングを行う。また、図 2 のように AR を用いることで、実行中のプログラムの内部データを、ロボットのカメラ映像に重ねて可視化する。

#### 4. システムの構成

本研究では、Makeblock 社が開発したプログラミング教育向けロボットの mBot を使用した。mBot は、多様なセンサーが使用可能であり、Arduino IDE でプログラミングが可能である。本システムでは、mBot に PC との無線通信ができるように Bluetooth モジュールをつけ、AR マーカーを付与した。

##### (a) タンジブルプログラミングの実現

学習者は、机の上で「前進」や「停止」などの処理を表す物理的なカードを並べて、プログラミングを行う。カードは、学習者にわかりやすいように機能ごとに色分けされており、システムで認識するために AR マーカーが印刷されている。本システムで利用した NyARToolkit では、同一の AR マーカーを複数同時に認識できないため、同じ処理を表すカードでも AR マーカーは異なる。

本システムは、まず PC のカメラで各カードの AR マーカーを検出する。カードが認識されると、PC 画面上では図 3 のように AR マーカーを囲む赤い枠が表示される。認識されたプログラムは Arduino のプログラムに変換されて PC に保存される。最後に、学習者はそれを Arduino IDE を

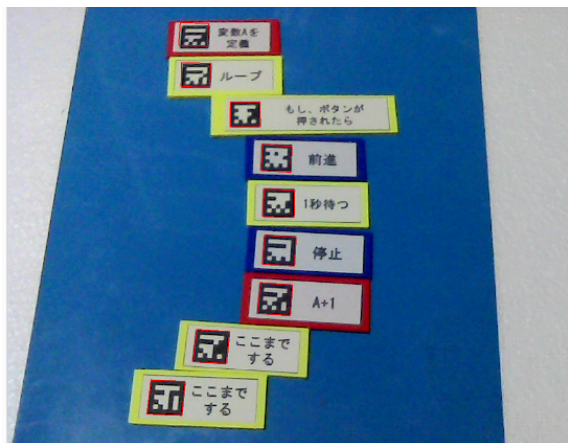


図 3 カードによるプログラムの認識

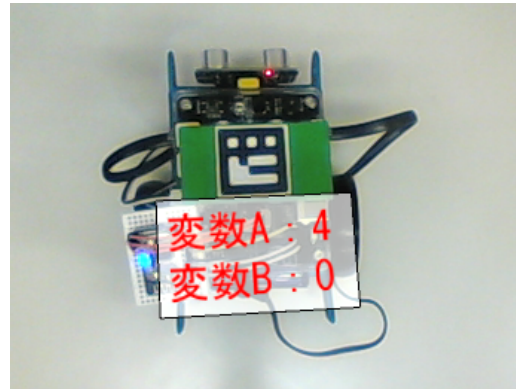


図 4 AR による可視化時の画面

用いてロボットに転送することで動作させる。

##### (b) プログラム実行中の内部データの可視化

プログラム実行中に、ロボットに付いている AR マーカーをカメラで撮影すると、図 4 のように、プログラム実行中のデータ(変数の値)がロボットに重ねて可視化される。

このとき、可視化されるデータは、Bluetooth 通信により、リアルタイムに mBot から PC に送信され更新される。本システムではこの可視化をするため、Processing の NyARToolkit を使用した。

#### 5. まとめと課題

本研究では、プログラム実行中の内部データを AR を用いて可視化し、子どもの理解を深めるロボットプログラミング教材の開発を行った。実行中のデータの可視化により、学習者のプログラミングに対する理解がより深まると考えている。

今後は、本研究で開発した教材を実際に子どもに使ってもらい、教材の有用性について評価する実験を行っていきたいと考えている。

#### 参考文献

- [1] 鈴木栄幸, 加藤浩, 共同学習のための教育ツール「アルゴブロック」, 認知科学, No.2, Vol.1, pp.36-47, 1995.
- [2] 八城明仁, 原田泰, 迎山和司, タンジブルなプログラミング学習環境の要件の検討, 情報処理学会 情報教育シンポジウム, pp.207-213, 2015.