

## 広張現実感を用いた初等四則演算教育システムの設計と実装 Design and implementation of elementary arithmetic operation education system using augmented reality

南野 泰輝<sup>†</sup> アビール・アルガムディ<sup>†</sup> 富田 遼大<sup>†</sup> 江川 莉奈<sup>‡</sup> 芳賀 博英<sup>†</sup>  
Minamino Taiki Abeer Alghamdi Tomita Ryota Egawa Rina Haga Hirohide

### 1. はじめに

近年、日本において算数を楽しくないと感じている児童が増えている。<sup>[1]</sup>その原因として、我々は算数を楽しみながら学習できる環境がまだできていないからであると考えられる。そのため、初等教育に照準を当て、初等教育の内容を楽しみながら学習することができる環境を構築することを目標に研究を進めている。その中で実体感を与えることにより、教育効果を高めることができるのではないかと考えた。そこでこのアイデアを実現するために、ユーザの動きを入力操作とするフィジカルコンピューティングの概念を採用した。今回は初等教育の四則演算のルールを理解できるように、システムを開発した。このシステムは、四則演算の解答をキーボードやマウス等の既存のデバイスで入力を行うのではなく、実世界のモノを使用することで入力が行えるようにした。本稿では、作成したゲームの開発内容と作成したシステムに関する評価について述べる。

### 2. 背景

#### 2.1 フィジカルコンピューティング

フィジカルコンピューティング<sup>[2]</sup>とは、Tom Igoe らによって提唱された考え方である。通常のPCには、キーボード、マウス等のデバイスが標準的に装備されている。しかし、これらの標準的な入出力デバイスで実現できるインタラクションには限度がある。フィジカルコンピューティングとは、コンピュータが理解・反応できる人間のフィジカルな表現をコンピュータへの入出力操作として用いる考え方である。フィジカルコンピューティングの例として、Wii リモコンが挙げられる。Wii リモコンは、人間の動きを入力として、リモコンの振動などを出力として表現している。

#### 2.2 既存研究の一例

崎山らは3次元CGを用いた算数学習システムを初等教育機関への導入を行った。<sup>[3]</sup>このシステ

<sup>†</sup>同志社大学大学院 理工学研究科

<sup>‡</sup>同志社大学 理工学部

ムは、初等教育の図形の学習を学校だけでなく家でも行えるように、Webアプリケーションを用いて学習環境を構築した。このシステムにより、図形の学習ができる環境を広げることができた。しかし、学習者が、ゲームのルールやインタフェースの使い方を身につけるまでに、時間がかかる。

初等教育の学習支援を進めるためには、学習者が簡単に、わかりやすく学習を行えるような環境の構築が必要である。

### 3. 開発内容

本研究では、初等教育における四則演算の学習を支援するシステムを開発を行った。本システムでは、学習者に実体感を与えることのできる学習システムを実現するために、フィジカルコンピューティングの概念を取り入れた。学習者が問題を解答する方法として、実際に触れることのできる箱を入力デバイスとして使用することとした。学習者が、この箱（入力デバイス）を手で動かして解答を入力するという簡単な操作により、四則演算を学習することができるシステムを開発した。

#### 3.1 箱の入力デバイス

学習者の解答を認識する方法として拡張現実感 (Augmented Reality, 以後 AR)<sup>[4]</sup>の技術を用いた。ARを実現するために、奈良先端科学技術大学院大学の加藤博一教授によって開発されたソフトウェアライブラリであるARToolkitを使用した。

数字の情報を持つ箱を作成するために、ARマーカーを利用した。0から9の数字を意味するARマーカーを作成し、段ボール製の小さな箱に張り付けた。箱に張り付けたARマーカーをWebカメラで認識することにより、箱が持つ数字の情報を認識し、学習者の解答を読み取る。

2桁以上の解答を認識するために、ゲームシーン上のARマーカーの左右にオブジェクトを作成した。解答が複数桁となる場合は、箱を横に並べることで、右の箱で左に作成したオブジェクトと左の箱で右に作成したオブジェクトが接触をすることで、複数桁の解答を読み取る。学習者の解答を完了する方法として“.” (ピリオド)の箱を作成した。ピリオドの箱を、解答の最後に置くことで学習者の解答を決定する。作成した“1”と“.”の箱のインタフェースを図1に示す。



図 1 作成した箱のインタフェース

### 3.2 四則演算の問題・解答の自動生成

初等教育における四則演算の問題・解答を自動で生成するシステムを C 言語により開発した。問題の生成手法としては、予め数式を生成するための生成規則を用意しておく。この生成規則を利用することにより、四則演算式の自動生成を行った。また、生成した数式の解答を構文解析により求めた。

四則演算式を自動生成するにあたり、初等教育での学習を目的としているので、解が負の数にならないようにした。

### 3.3 システム概要

本システムは、PC 画面、web カメラ、箱で作成した入力デバイスにより実現した。システムの開発には、ゲームエンジンである Unity を使用し、言語は C# で開発した。

システムが起動すると、自動で生成された問題を PC 画面に表示する。システム構成画面を図 1 に示す。

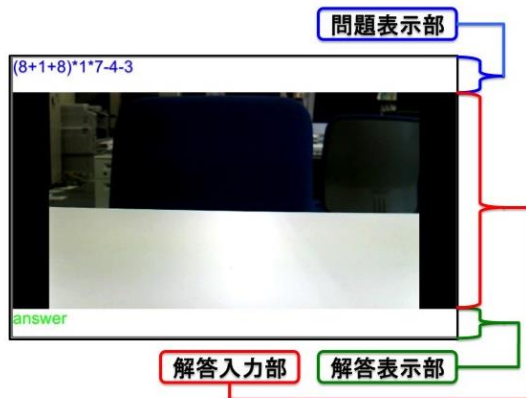


図 1 システム起動時の PC 画面

学習者は、表示された問題に対して、0 から 9 の数字の情報を持つ箱を、PC 画面の上に取り付けた Web カメラの前で並べることにより解答を行う。Web カメラで学習者の解答を読み取ると、ブザー音と PC 画面に解答に対する正解・不正解の表示を行うことにより学習者に知らせる。本システムの解答を入力している時の PC 画面を図 3 に示す。

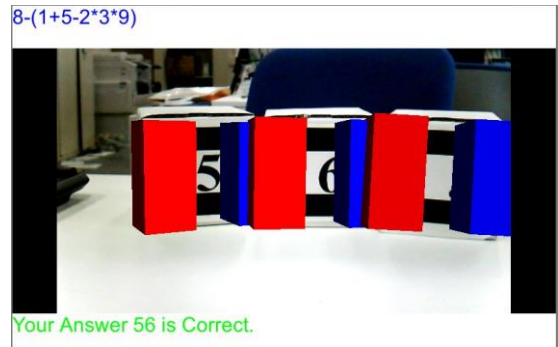


図 3 解答を入力している時の PC 画面

## 4. 考察

数字の箱を入力インタフェースとして用いることにより、学習者が箱を並べることで解答の入力を実現した。箱を並べるという簡単な操作により、体を動かして学習をすることのできるシステムの構築はできた。しかし、もっと自由に広い空間で体を動かすことで、学習者は楽しみながら学習に取り組めるのではないかと考える。プロジェクターなどの大画面に問題を表示し、学習者がプロジェクターの前で体を動かしながら解答を行えるような環境を構築することで、学習者が得る実体感も大きくなり、楽しみながら学習に取り組めるのではないかと考える。

四則演算の問題を自動で生成するシステムの構築はできた。しかし、学習効果を高めるためには、学習者のレベルを考慮しなければいけない。限られた演算子のみ問題や、計算が複雑な問題などいくつかのレベルに分ける必要があると考える。学習者が問題のレベルを選択できるようにすることで、より学習支援をできるようになると考えた。

## 参考文献

- [1] 国立教育政策研究所「国際数学・理科教育動向調査調査の 2011 年調査 (TIMSS2011)」, [http://www.nier.go.jp/timss/2011/T11\\_gaiyou.pdf](http://www.nier.go.jp/timss/2011/T11_gaiyou.pdf) (2012)
- [2] What is Physical Computing?, <https://itp.nyu.edu/physcomp/> (参照日: 2016-6-13)
- [3] 崎山卓哉, 松下幸太郎, マッキン・ケネス・ジェームズ, 布広永示, 神野建 “3 次元 CG を用いた算数学習システムの導入と評価”: 教育システム情報学会第 37 回全国大会公演論文集 pp.362-363 (2012)
- [4] 谷尻豊寿, 拡張現実感を実現する ARToolkit プログラミングテクニック, 株式会社カットシステム (2010)