

# MR 技術を用いた珠算学習支援システムの提案

猪俣 駿<sup>†1</sup> 阿部 亨<sup>†2,†3</sup> 菅沼 拓夫<sup>†2,†3</sup>

<sup>†1</sup> 東北大学工学部電気情報物理工学科 <sup>†2</sup> 東北大学大学院情報科学研究科

<sup>†3</sup> 東北大学サイバーサイエンスセンター

## 1 はじめに

近年、電子計算機の普及により算盤（そろばん）を直接利用する機会は減少しているものの、算盤の学習を通じて得られる能力や効果に対する注目度が高く、子どもの習い事の一つとして人気は衰えていない [1, 2]。この算盤を用いた数値計算である「珠算」を習得するためには、珠を使った算盤固有の数の表現や盤面に応じた適切な運指を理解する必要がある。しかしながら、従来の一般的な算盤の指導は、計算問題の回答に対する正誤判定や、計算過程における動的なミスの指摘によってなされ、指導者の属人的な指導能力への依存が大きく、再現性が低いという問題がある。

この問題を解決するため、ICT を活用したさまざまな珠算学習支援システム [3, 4] が提案されているが、実際の算盤上で、どのような手の形で、どの珠を、どうやって動かすのかといった、直接的な運指の指導が行えていないという課題が未だ存在する。

そこで本研究では、算盤の初学者を対象とし、複合現実 (MR) 技術を活用して、実際の珠の動きや運指に着目した学習支援を行い、算盤の操作を感覚的に学習させることを目標とする。具体的には、カメラと AR マーカーを用いて、現在の算盤の盤面を認識し、HMD 上に学習支援情報を重畳表示する。この際、学習者の計算状況に合わせて、提示する支援情報を逐次更新するシステムを実現する。

本発表では、MR 技術を活用した珠算学習支援システムの概念を提案するとともに、その構成要素として、画像認識に基づくリアルタイムな算盤の盤面認識手法と、珠算学習を支援する情報を HMD 上に重畳表示するシステムの基本設計について述べる。

## 2 関連研究と課題

### 2.1 既存研究

ICT を活用した珠算学習支援システムの例として、新川ら [3] は、プロジェクションマッピングによる支援情報の重畳表示手法を提案した。この研究では、算盤の裏に設置した RGB カメラを用いて、珠の色に着目した情報 (矩形) を検出した後、PC 上で矩形の中心座標から算盤上に入力されている

数を推定し、その推定結果に基づいて、プロジェクターに表示する支援情報を逐次更新している。

一方、松田ら [4] は書画カメラと卓上ディスプレイによる情報提示手法を提案した。この研究では、AR マーカーを用いて算盤と卓上ディスプレイの位置を特定しており、盤面認識には CNN による画像認識を活用し、盤面状況に合わせた問題提示や計算ミスの動的な指摘を実現した。また、計算ミスの情報を蓄積することで、苦手な珠操作を分析し、学習者個人に最適化された問題生成も可能にしている。

### 2.2 既存研究の課題

2.1 節で示した 2 つの既存研究において、実際に学習者に提示する情報に着目すると、新川らの手法 [3] は、動かす珠や方向の情報を机の上 (2 次元平面上) に映し出すことに留まっている。また、松田らの手法 [4] はリアルタイムな問題提示と計算ミスの動的な指摘に留まっている。したがって、従来、学習者が指導者の手元を観察・模倣することによって会得していたであろう 3 次元の指の動き、直接的な運指の指導を行えないという課題が存在する。特に初学者にとって、支援情報から手の動きを想像する必要がある状況は、認知的負荷による学習への影響の観点から望ましくないと考えられる。

## 3 MR 技術を用いた珠算学習支援システム

本研究では、2.2 節で述べた課題を解決するため、カメラ、AR マーカー、HMD を用い、算盤上に入力された数を認識し、認識結果に基づいてリアルタイムかつ動的に学習支援情報を MR 表示させる珠算学習支援システムを提案する。具体的な支援としては、算盤の初学者が指導者なしでシステムを利用することを想定し、一桁の見取り算 (足し算) を実行する上で、必要な支援情報を表示することを考える。

提案するシステムの基本構成を図 1 に示す。本システムは大まかに、盤面情報を取得して前処理を行う機能、各桁画像の数値を推定する機能、支援情報を生成・表示する機能により構成される。松田ら [4] の研究を参考に、AR マーカーと CNN モデルを構築することで 1 つ目と 2 つ目の機能を実装する。支援情報の表示については AR マーカーの座標に対して事前に作成したオブジェクトを MR 表示することで、実際の算盤上の正確な位置にリアルタイム性のある支援情報を重畳表示する。

Proposal for an Abacus Learning Support System Using MR Technology

Shun INOMATA<sup>†1</sup>, Toru ABE<sup>†2,†3</sup>, and Takuo SUGANUMA<sup>†2,†3</sup>

<sup>†1</sup> Department of Electrical, Information and Physics Engineering, Tohoku University

<sup>†2</sup> Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

<sup>†3</sup> Cyberscience Center, Tohoku University

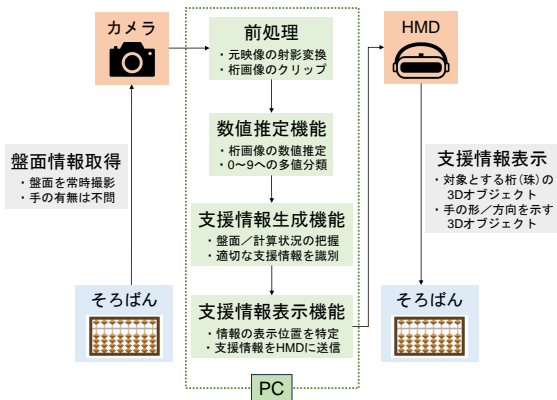


図 1: 提案システムの基本構成

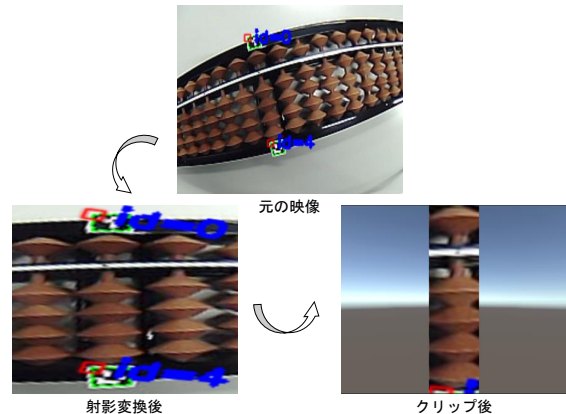


図 2: 桁画像のクリッピング

## 4 設計・実装

実装環境の詳細を以下に示す。

- デSKTOP PC
  - OS : Windows 10 Pro
  - CPU : Intel(R) Core(TM) i7-6700 @ CPU 3.40GHz 3.41GHz
  - RAM : 8.00 GB
- Web カメラ
  - NexiGo N60 FHD Webcam
- ワンタッチそろばん (ONYM8)
- Unity 2022.3.12f1
  - OpenCV plus Unity 1.7.1
  - Barracuda 3.0.1
- Python 3.10.12
  - Tensorflow = 2.14.0
  - onnx = 1.14.1
  - tf2onnx = 1.15.1

カメラ映像から桁画像をクリップする機能を実装するために、OpenCV plus Unity の Aruco マーカーを利用した。桁画像をクリップの様子を図2に示す。カメラが AR マーカーを検出すると、元の映像に含まれる AR マーカーが正面に来るように映像を射影変換した後、AR マーカーの座標を基準に、指定した領域（桁画像）をクリップしている。

また、クリップした桁画像から珠の示す数を推定するために、CNN による画像認識を利用した。Tensorflow を用いて、約 800 枚程度の桁画像で作成したデータセットからなる、桁画像を 0 から 9 の数に多値分類する CNN のモデルを構築した。

CNN による桁画像の推定結果に基づく、支援情報の生成、および表示については、現在、Blender による 3D オブジェクトの作成と、HoloLens 等の HMD による支援情報の重畳表示を検討している。

## 5 評価

提案システムの学習効果は、学習者の技能の習得度、具体的には、問題の正答率や解答速度から定量的に評価することが出来ると考えられる。したがって、システムの評価実験においては、珠算検定

試験 [5] の類題を活用することで、本システムの学習効果と一般的な珠算学習とを比較・検討する。

また、HMD を装着する都合上、装着時の違和感や、長時間本システムを利用した際の疲労などが懸念される。これらのことから、定量的な評価実験に加え、ユーザーインターフェースに対するアンケート調査を実施する。具体的には、複合現実 (MR) 上での情報提示がどのような印象を与えたか、直感的な分かりやすさやを感じられたか等を調査する。

## 6 おわりに

カメラを用いた算盤の盤面認識に基づいて、MR 技術を活用して HMD 上に学習支援情報を重畳表示する珠算学習支援システムを提案し、必要な機能を整理した上で各モジュールの初期設計を行った。今後は、各モジュールを1つのアプリケーションとして統合するとともに、実際の学習者に対して、5章に示した評価実験を行うことで、本システムを活用した学習支援の効果について検証を行う。

## 参考文献

- [1] C.Wang: A Review of the Effects of Abacus Training on Cognitive Functions and Neural Systems in Humans, *Frontiers in Neuroscience*, Vol. 14, No. 913, pp. 1–12 (2020).
- [2] Y.Lu, M.Li, Z.Cui, L.Wang, Y.Hu and X.Zhou: Transfer Effects of Abacus Training on Cognition, *Current Psychology*, Vol. 42, No. 8, pp. 6271–6286 (2023).
- [3] 北川珠莉, 鈴木優: 珠の位置認識と操作手順の重畳表示を用いたそろばん学習支援システム, 情報処理学会インタラクシオン 2022, pp. 759–762 (2022).
- [4] 松田裕貴: 書画カメラを用いた珠算行動センシング, 電子情報通信学会技術研究報告, センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究会 (SeMI), Vol. 123, pp. 70–75 (2023).
- [5] 全国珠算教育連盟: 珠算検定試験, 入手先 (<https://www.soroban.or.jp/exam/shuzan/>) (参照 2024-01-04).