

# モバイル端末を用いた数学学習のための AR 型学習支援システム

## AR Based Learning Support System for Math Learning using Portable Device

中野 美登里<sup>\*1</sup>, 松原 行宏<sup>\*1</sup>, 岡本 勝<sup>\*1</sup>, 岩根 典之<sup>\*1</sup>  
Midori NAKANO<sup>\*1</sup>, Yukihiro MATSUBARA<sup>\*1</sup>, Masaru OKAMOTO<sup>\*1</sup>, Noriyuki IWANE<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup>広島市立大学大学院情報学研究科

<sup>\*1</sup>Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

Email: lnakano@lake.info.hiroshima-cu.ac.jp

**あらまし**：本稿では、スマートフォンと AR マーカを用いて、学習者自身がマーカを「操作」し、数学学習の支援を行えるシステムを構築する。「操作」を活用する題材をメンタルローテーション課題と相似な図形とし、それぞれの題材についてシステムを開発した。両システムにおいて、スマートフォンと AR マーカを使用し、学習者が AR マーカを移動、回転などの「操作」を行うことで、画面上の仮想図形を操作することを可能にした。検証実験から両システムを用いて学習を行うことで「操作」を伴う学習が行えたことが確認できた。

**キーワード**：Augmented Reality, 操作, メンタルローテーション, 相似な図形

### 1. はじめに

中学校で取り扱われる図形分野では、操作を通じた学習が重要視されている<sup>(1)</sup>。本研究では操作を活用する学習対象として、メンタルローテーション課題と相似な図形を取り扱う。これらの題材において操作は重要な動作であるが、実際の教育現場では教科書等の紙媒体を用いた学習が多く、生徒は教科書に描かれた図形の形状を目視で確認するだけであることが多い。そのため、学習者の操作を伴う学習は行われていない場合が多い。

そこで中野らは、AR を用いることで仮想的に 3 次元図形を観察できるシステムを開発した<sup>(2)</sup>。メンタルローテーション課題において AR (3D) を用いた学習とディスプレイ (2D) を用いた学習で判断に要する反応時間を比較した。実験では 2 つの物体が同じものか否か判断させた。学習者は HMD を装着し、机の上に貼り付けられた AR マーカを観察することで 3 次元物体を確認できる。実験の結果、AR を用いた学習において 2 つの物体の回転角度が近いほど反応速度が速くなることが分かった。しかし中野らのシステムでは、AR マーカが机の上に貼り付けられているため、学習者の操作を伴った学習を行うことはできない。また、上出らは、アニメーションを用いて相似な図形の定義を説明するためのシステムを開発した<sup>(3)</sup>。しかし、このシステムでは、学習者はアニメーションを閲覧するのみで、学習者の操作を伴った学習を行うことはできない。

本研究では、学習者が図形の位置や回転角度を自由に操作できないという問題を解決するために、学習者がマーカを動かすことで仮想物体の操作が可能な AR 型学習支援システムを提案する。本システムは学習者に操作を伴った学習を行わせることで、学習者の空間図形や相似に対する理解を深めるための

支援を行う。本研究では、2 つの学習対象に対応するシステムを開発した。

### 2. 「メンタルローテーション」を題材とした AR 型学習支援システム

図 1 に提案システムの外観とシステムの画面を示す。提案システムは、スマートフォンとマーカから構築される。本システムでは、AR マーカを 6 枚組み合わせて立方体の形にしたコントロールマーカを使用することで、学習者が仮想物体を操作できるようにしている。スマートフォンのカメラでコントロールマーカを映すことによって、仮想物体をスマートフォンの画面に表示できる。学習者は画面を見な



図 1 提案システムの外観とシステムの画面

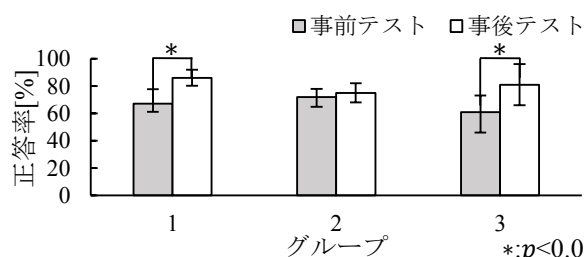


図 2 各グループの事前、事後テストの平均正答率

がらコントロールマーカを操作することによって仮想物体を様々な角度から観察することができる。

実験では、本システムを用いることでメンタルローテーション課題の学習を行うことができるかを検証した。被験者は15名とし、提案システムを用いるグループ1、問題の提示と解答の正誤判定のみを行うシステムを用いるグループ2、指で画面をスワイプして物体を操作することで学習を行うグループ3に分けて実験を行った。まず全被験者に事前テストとしてメンタルローテーションの問題を20問解答させ、その後学習を行わせた。学習後、事前テストと同様の問題を解かせ、正答数について評価した。図2にグループごとの事前、事後テストの正答率の平均値を示す。各グループにおいて、平均正答率に差があるか比較した。グループ内でt検定を行った結果、グループ1とグループ3においては有意水準5%で差が確認でき、操作を伴う学習は出題課題の正答率の増加に有効であると確認できた。

### 3. 「相似な図形」を題材としたAR型学習支援システム

提案システムは、相似探索システムと証明学習システムからなる。相似探索システムは学習者が相似な図形を探索するためのシステムで、スマートフォンと6枚の図形マーカと呼ばれるARマーカで構成される。証明学習システムは学習者が与えられた図形が相似であることを証明するためのシステムでタブレット端末を用いる。学習者は相似探索システムを用いて相似な図形を探し、見つけた相似な関係にある図形について、それらが相似であることを証明するために証明学習システムを使用した学習を行う。

相似探索システムの外観とシステム画面を図3に示す。相似探索システムでは、学習者がスマートフォンのカメラで図形マーカを映すことによって、仮想図形をスマートフォンの画面に表示できる。学習者は画面を見ながら図形マーカを操作することによって仮想図形を移動、回転、拡大、縮小することができる。証明学習システムでは学習者は画面に表示される証明の穴埋め問題に対し、画面下部に表示されているボタンを用いて解答の入力を行う。このように相似探索後にその図形が相似であることを証明することで、相似な図形についての理解を促進する。

検証実験では、中学校数学の「相似な図形」の単

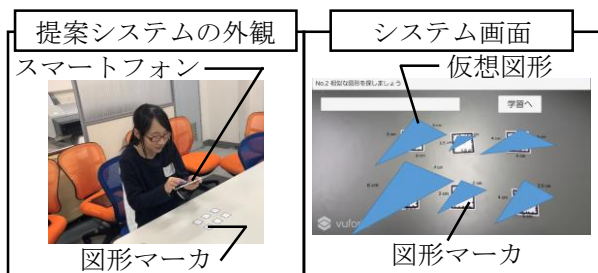


図3 相似探索システムの外観とシステム画面

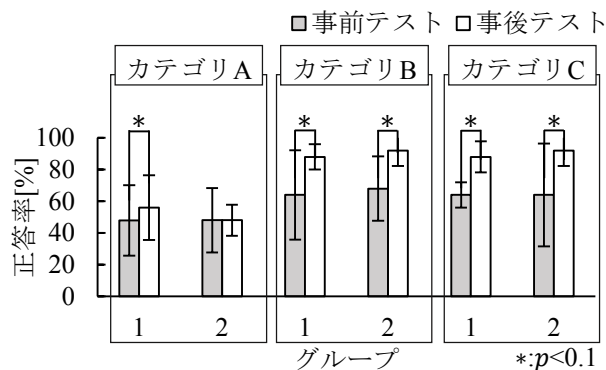


図4 各グループの事前、事後テストの  
カテゴリ別平均正答率

元の学習を対象とした。被験者は10名とし、相似探索システムを用いるグループ1、相似探索時に問題の提示と解答の正誤判定のみを行うシステムを用いるグループ2に分けて実験を行った。なお、証明学習システムは両グループとも同じシステムを用いた。検証ではまず全被験者に6つの図形から相似な図形の組を見つける事前テストを15問解答させ、その後学習を行わせた。学習後、事前テストと同様の問題を解かせ、正答率から評価した。出題した15問を相似条件で3カテゴリに分けた。そして、カテゴリごとに事前、事後テストの正答率を比較した。結果を図4に示す。各グループにおいて、グループ内でt検定を行った結果、カテゴリB、Cについては、両グループにおいて有意差10%で差が確認できた。カテゴリAに関しては、グループ1では有意水準10%で差が確認できた。一方で、グループ2では有意水準10%で差が確認できなかった。よって、3組の辺の比に注目して相似な図形を探す場合に本システムが有効であると考えられる。相似探索システムでは学習者の操作によって図形を学習できるという特徴があるため、提案手法の効果だと考えられる。

### 4. おわりに

本研究では、学習者の操作が可能なARマーカを用いた数学学習のための学習支援システムを構築した。検証実験では提案システムを用いて操作をともなって学習を行えることが確認できた。しかし本研究においては、どちらの実験においても1度しか学習を行っていないため継続的な学習を通じた学習効果の検証などが今後の課題として挙げられる。

#### 参考文献

- (1) 文部科学省：“中学校学習指導要領解説 数学編”，pp.74-82 (2017)
- (2) 中野溪，渡邊伸行：“拡張現実感による物体提示が心的回転に及ぼす影響の検討”，電子情報通信学会技術研究報告，Vol. 113, No. 462, pp. 39-44 (2014)
- (3) 上出吉則，辰巳丈夫，村上祐子：“Scratchで学ぶ—相似の定義の概念をICTで深く理解する—”，情報処理学会研究報告，Vol. 2017-CE-138, No. 9, pp. 1-6 (2017)