

# 主体的な「操作」を指向したメンタルローテーション課題のための AR 型学習支援システムと評価

## AR based Learning Support System and Evaluation for Mental Rotation with Subjective "Operation"

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>, Msaru OKAMOTO<sup>\*1</sup>, Noriyuki IWANE<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup>広島市立大学情報科学研究科

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

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

**あらまし**：中学校で取り扱われる図形の分野では，学習者の主体的な「操作」が学習者の数学に対する興味関心を高め，学習定着度が向上するといわれる．一方，空間図形の問題を解くための能力として，空間認知能力やメンタルローテーション能力が考えられる．本研究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，メンタルローテーション課題を学習できるシステムを構築する．提案システムでは立体的な AR マーカを用いることによって，学習者の主体的な操作を実現した．学習者は立体的なマーカをスマートフォンのカメラで撮影し，画面に重畳表示される図形を見ながら立体的なマーカを回転させることで，さまざまな角度から図形を確認することができる．検証実験において，図形の形状把握がしやすいという意見もあり，学習効果が表れる可能性を確認した．

**キーワード**：メンタルローテーション，Augmented Reality，空間図形

### 1. はじめに

空間図形の問題を解くために必要な能力として，空間認知能力やメンタルローテーション<sup>(1)</sup>能力などが考えられる．メンタルローテーション能力は，学習者が実際に積み木やブロックなどの立体的な物体を操作することを伴った学習を行うことで身につけることができる．学習者による主体的な「操作」は，学習者の数学に対する興味関心を高め，学習定着度が向上するといわれている<sup>(2)</sup>ため，「操作」を伴う学習を行うことで，メンタルローテーション能力の向上と学習定着度の向上が見込まれる．しかし，実際の教育現場では，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，本研究では学習者自身がマーカを操作して空間図形を学習できるシステムを構築する．本システムではスマートフォンと立体的な AR マーカを用いることにより，学習者の主体的な操作を実現し，さまざまな角度から図形を見ることを可能にした．

本論文において「主体的な」操作とは，学習者が自ら手を動かし，学習を進めることを指す．この「主体的な」操作を行うことで，メンタルローテーション能力の向上を見込めると考えた．

### 2. 提案システム

提案システム<sup>(3)</sup>は，スマートフォンと AR マーカから構成される．提案システムの外観とシステム画面を図 1 に示す．学習者はシステムから出題された問題に対し，AR マーカを操作して図形を確認し，解答を導く．図 2 にコントロールマーカの操作例を示

す．図 2 の左側は回転前の状態で，学習者がコントロールマーカを左手に持っている．このとき，対応する図形がコントロールマーカに重畳表示されている．その後，手を図中の矢印方向に（右から左に向かって）回転させることで，図 2 の右側のように，重畳表示されている図形も図中の矢印方向に（右から左に向かって）回転していることが分かる．このことから，図 2 に示すように，学習者はコントロールマーカを回転させることで，仮想環境内の仮想物体を回転させることができる．

学習者が問題に正解した場合はその問題への解答を終了し，次の問題へ学習を進める．不正解の場合は，予想の入力へ戻る．このように，学習者がコントロールマーカを用いて，自ら手を動かし，物体の形状や出題された問題に対する解答を確認することで，学習者は主体的な「操作」を伴った学習を行うことが可能となると考えた．

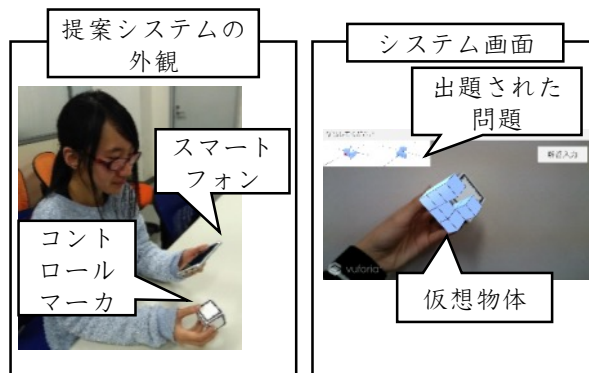


図 1 提案システムの外観とシステム画面

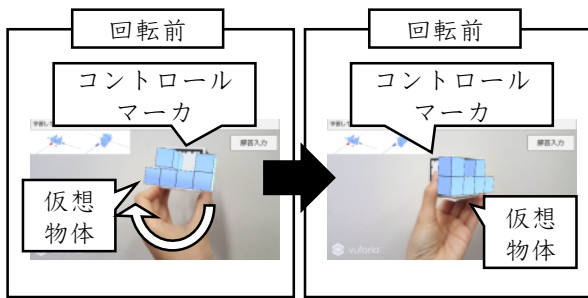


図2 コントロールマーカの操作例

### 3. 検証実験

検証実験では、提案システムを用いて主体的な操作を伴った学習を行うことでメンタルローテーション能力が向上するか確認するため、提案システムを使った学習を指示し評価を行った。被験者は理系の大学生、大学院生 15人 (A ~ O) であり、15人を3グループに分けて実験を行った。各グループの被験者が用いたシステムの条件について表1に示す。被験者 A ~ E の5人を、提案システムを用いるグループ1、被験者 F ~ J の5人を、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、被験者 K ~ O の5人を、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とした。グループ3の被験者が用いるシステムの画面を図3に示す。学習者は画面に表示されている問題と画面上の仮想物体を確認しながら解答を行う。学習者は画面上の仮想物体に触れ、動かしたい方向に指を滑らせるフリック操作によって仮想物体を回転させることが出来る。

検証実験は、まず事前アンケートと事前テストを実施し、グループ間で大きな差が出ないようにグループ分けを行った。その後、各グループに割り当てたシステムを用いて学習を行わせ、事後テストとして、事前テストと同様の問題を解かせた。その後、事後アンケートを行った。

図4にグループごとの事後テストの平均値を記す。各グループ内で事前テストと事後テストの平均正答数について  $t$  検定を行った結果、グループ1とグループ3においては有意差が確認できた。よって、主体的な操作を伴う学習はメンタルローテーション課題の正答数の増加に有効であることが分かった。一方で、グループ2では有意差が確認されなかった。また、事後テストにおける正答数がグループ間で差

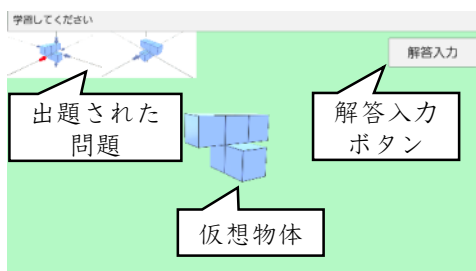


図3 グループ3の被験者が使用するシステムの画面

表1 各グループの被験者が用いたシステムの条件

グループ	問題の提示	物体の操作	正誤判定の提示
1	○	AR マーカ	○
2	○	—	○
3	○	指	○

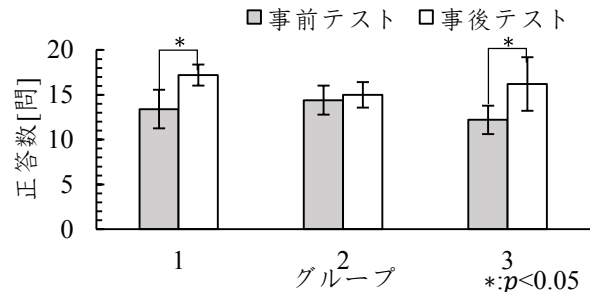


図4 グループごとの事前テストと事後テストの平均値

があるか比較したが、有意差は見られなかった。このことから、AR やスワイプ操作を用いて学習を行うことが、学習の妨げにはならないと言える。

事後アンケートでは、学習のしやすさや操作性について解答させシステムを使用した感想などを記述させるアンケートを行った。アンケートではグループ3からは操作の難しさが指摘されたが、グループ1からはシステムを使用することで図形の形状を想像しやすいという意見が出たため、提案システムのほうが、より学習しやすいシステムであると言える。

### 4. まとめと今後の課題

本研究では、学習者の主体的な操作を目的とし、立体的な AR マーカを用いたメンタルローテーション課題の学習支援システムを構築した。立体的な AR マーカを用いて仮想空間内の空間図形を操作可能としたことにより、学習者の主体的な操作を実現した。検証実験では主体的な操作を伴った学習を行うことは、メンタルローテーション能力を向上させる可能性があるということが確認できた。今後の課題としては、出題される図形の回転角度と学習への影響との相関を明確にすることや、継続的な検証を行い、長期的に学習を行ったときの学習への影響を確認することが挙げられる。

なお、本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究 C(No.15K01084)による。

#### 参考文献

- (1) 土屋俊, 中島秀之, 中川裕志, 橋田浩一, 松原仁, 大澤幸生, 高間康史: AI 事典 第2版, 共立出版 (2003)
- (2) 木原裕紀, 若杉祥太, 林徳治: “学習者の主体性向上を目的とした授業実践”, 日本教育情報学会論文集, Vol. 29, pp. 408-409 (2013)
- (3) 中野美登里, 松原行宏, 岩根典之, 岡本勝: “AR を用いたメンタルローテーション課題の学習支援システム”, 第42回教育システム情報学会全国大会, pp. 151-152 (2017)