

メンタルローテーション課題を学ぶための AR 型学習支援システム

AR based Learning Support System for Mental Rotation

中野 美登里^{*1}, 松原 行宏^{*1}, 岡本 勝^{*1}, 岩根 典之^{*1}Midori NAKANO^{*1}, Yukihiko MATSUBARA^{*1}, Masaru OKAMOTO^{*1} and Noriyuki IWANE^{*1}^{*1} 広島市立大学大学院情報科学研究科^{*1} Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

Email: Inakano@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．本研究では自分でマーカを操作し，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操作することによって，さまざまな角度から空間図形を確認することができる．

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

中学校で取り扱われる図形の分野では，「観察」，「操作」，「実験」が重要だとされている⁽¹⁾．中でも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⁽²⁾．中学校数学の単位では，展開図や投影図，回転体の見取り図などが扱われている．これらの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⁽³⁾能力などが考えられる．メンタルローテーション能力は，積み木やブロックなど立体的な物体を用いて学習を行うことで身につけることができる．しかしながら，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，3次元物体を用いた学習者の操作を伴う学習は行われていない場合が多い．このような問題を解決するために，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メンタルローテーション課題に関する学習支援を行った⁽⁴⁾．しかし，中野らのシステムでは，机上に貼り付けた AR マーカを認識しているため，学習者が手を動かすことによる主体的な操作は不可能である．

そこで，本研究では自分で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，様々な角度から図形を見ることを可能にした．提案システムでは，学習者が対象物である2種類のマーカを操作する様子をスマートフォンで撮影し，その映像に3次元物体のCGを重ね合わせてスマートフォンの画面に出力する．

2. 提案システム

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．図2に本システムで用いるマーカを示す．マーカは問題を選択するセレクトマーカと，仮想物

体を操作するコントロールマーカの2種類がある．コントロールマーカは台紙の一辺が4.5cm，マーカ部の一辺が4cmのマーカを立方体のように組み立てたマーカである．スマートフォンの画面には，認識したコントロールマーカに対応する仮想物体が図1の右側のように表示される．立体的なマーカであるコントロールマーカを回転させることで，スマート

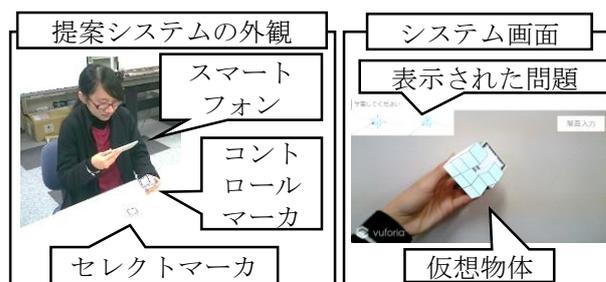


図1 提案システムの外観とシステムの画面



(a) コントロールマーカ (b) セレクトマーカ

図2 提案システムで用いるマーカ

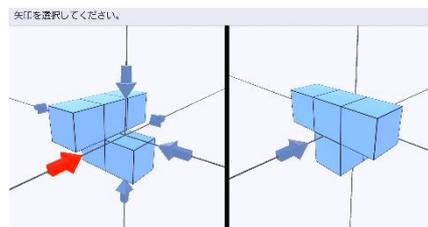


図3 問題が出題された際のシステム画面

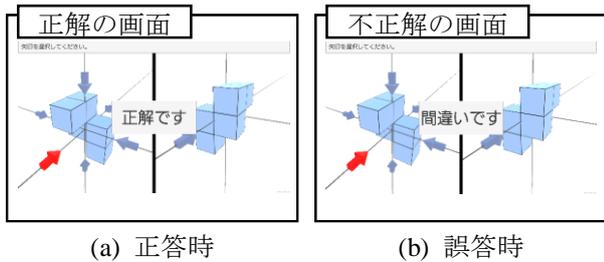


図4 正誤判定のフィードバック例

フォンの画面上に表示される仮想物体を回転させることができる。セレクトマークは20題分用意されており、学習者はセレクトマークをコントロールマークに近づけることによって問題を切り替えることができる。問題が出題された際の画面の例を図3に示す。学習者は画面上の矢印を選択することで問題に対する解答の予想を入力できる。予想の入力後、出題された問題は画面の左上部に表示され、学習者は画面に表示されている問題と仮想物体を確認しながら解答を行う。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。また、不正解の場合は、予想の入力へ戻る。このようにコントロールマークとセレクトマークを用いることで、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。

3. 検証実験

検証実験では、本システムを用いることでメンタルローテーション能力が身につくか確認するため、提案システムを使った学習を指示し評価を行った。被験者は大学生6人(A~F)であり、そのうち被験者A, B, Cの3人を提案システムを用いるグループ1(実験群)、D, E, Fの3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(統制群)にわけて実験を行った。グループ2のシステムでは、画面に問題が表示され、学習者が問題に解答すると、図4のように「正解です」または、「間違いです」というフィードバックを返す。検証ではまず両グループ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た。システムを用いた学習の後、事前テストと同様の問題を解かせ、その後、事後アンケートを行った。図5に各被験者の学習時間の合計を示す。図5を見るとグループ1の被験者の方が、グループ2の被験者よりも学習時間が長くなっている。これは、グループ1の被験者はマークを用いて図形の向きや形状をじっくりと観察しているためと考えられる。事前テストよりも事後テストで所要時間が短くなった問題の数を表1に示す。表に示したとおり、グループ1の多くの被験者が、グループ2の被験者よりも、所要時間の短くなった問題の数が多くなっている。以上の結果からシステムを用いて学習した場合の結果は悪化しておら

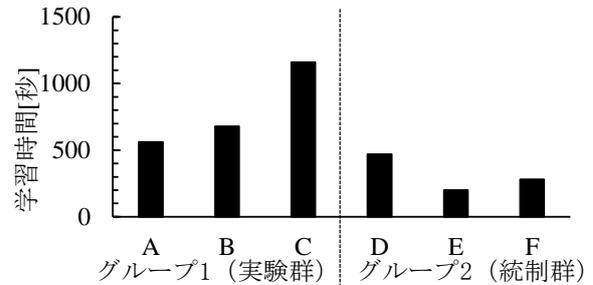


図5 各被験者の学習時間の合計

表1 所要時間が短くなった問題の数

グループ	被験者	問題数[問]
1 (実験群)	A	6
	B	9
	C	3
2 (統制群)	D	3
	E	5
	F	3

ず、誤学習が生じないことが示された。

事後アンケートでは、システムを使用した感想として、「最初分からなかった問題も学習することで分かるようになった」、「操作がシンプルでわかりやすい」などの意見があった。一方で「マークが指で隠れると認識が途切れて図形が表示されない」、「片手がふさがることが不便」といった意見もあり、操作する立体的なARマークに関する課題も見つかった。

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マーク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マーク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。検証実験ではシステムを用いて学習した場合でも誤学習が生じないことが確認できた。今後の課題としては、ARマークの操作方法などのユーザインタフェースの改善や、主体的な操作を伴うことによる学習効果の検証などが挙げられる。

なお本研究の一部は科学研究費補助金(No.15K01084)による。

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. 16-30 (2008)
- (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) 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)
- (4) 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)