

空間図形の AR 型学習支援システムにおける 作図機能の検討

Examination of Drawing Function on AR-type Learning Support System for Space Figures

桑原 陸^{*1}, 松原 行宏^{*1}, 岡本 勝^{*1}, 岩根 典之^{*1}, 毛利 考佑^{*1}

Riku KUWABARA^{*1}, Yukihiro MATSUBARA^{*1}, Masaru OKAMOTO^{*1}, Noriyuki IWNAE^{*1}, Kousuke MOURI^{*1}

^{*1} 広島市立大学大学院情報科学研究科

^{*2} Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

Email: mg67007@e.hiroshima-cu.ac.jp

あらまし: 「操作」と「観察」を伴った学習を行う空間図形の AR 技術を用いた学習支援システムを提案する。また、その学習支援システムにおける作図機能の検討を行う。空間図形に対しての「作図」とは、与えられた 3 次元の立体図系に対して、2 次元の平面を立体図形内に描画することを指す。タブレット端末と立方体状のコントロールマーカを用いた回転・移動操作により空間図形を様々な角度から観察しながら出題される作図形式の問題に解答し、学習を行う。評価実験では事前テストから事後テストの正解率増加を確認でき、システムにおける作図機能が有効であることが明らかにした。

キーワード: 空間図形, AR 技術, 学習支援システム, コントロールマーカ, 作図

1. はじめに

中学校の数学では空間図形の学習を通じて、空間における直線や平面の位置関係を知ること、思考力、判断力、表現力を身につけることが目標とされている。これらは、観察や操作を行う実験などを通して図形を考察しながら得ることが重要である (1)。しかし、近藤らの調査から、中学生は空間図形を的確に読み取り、問題解決に学んだ知識を正しく活用できていないことが分かった (2)。現在の教育現場では、教科書の内容を理解し、紙面に描かれた問題を解く学習が多く、観察や操作、実験等を通して空間図形を学習する環境が整っているとは言い難い。

そこで本研究では、学習者に没入感を与えることで実際の学習に限りなく近い環境で学習できるという利点がある AR 技術を用いて、空間図形に関する学習を行うシステムの開発した。また、問題を解く際にシステムから出題された問題に対して学習者は作図を行い回答する。JSI その回答形式が提案システムおよび空間図形の学習に有効か、検討を行う。

2. 提案システム

提案システムではタブレット端末とコントロールマーカを使って学習を行う。図 1 右側にシステムの外観と基本画面を、同図左側にシステムの基本画面を示す。学習者はシステムを起動したら問題を選択し、マーカをカメラに認識させ、マーカ上に表示された仮想物体の中のオブジェクトを選択して解答を行う。その解答をシステムが受取り、正誤判定を行う。この操作を数回繰り返して学習を行うシステムになっている。

問題を解く上で使う作図機能について説明する。作図機能の実装の理由としては、中学校数学の学習では、平面図形の作図を学習し、辺の位置関係や図

形の角度など、図形の基本的な性質を作図によって理解することができる。しかし空間図形に関しては作図を行うことが容易ではないため、小中高の数学では学習しない。作図の学習がもたらす効果はかなり大きく、既習内容を深く理解する上で最適であると考えたため、本システムへの実装に至った。学習者は問題の画像がシステム画面に表示されたら、マーカに表示された黒い点を複数選択する。選択すると色が黒から赤に変化し、選択済みの状態になる。システム画面下部の“作図”と書かれたボタンを押下すると選択済みの各点を頂点とする図形が青で描画される。描画可能な図形としては、直線、三角形、四角形の 3 パターンとなっている。

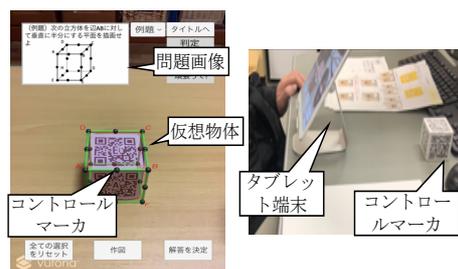


図 1 システム画面とシステム外観

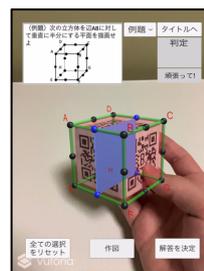


図 2 作図の例

図2に作図問題を解く例を示す。問題は「立方体の中にある黒い点を4点選択し、体積を半分にする平面を描画せよ。」という内容であり、学習者は点を選択して青い平面を描画している。

提案システムの学習では、空間図形内の立方体内にある平面図形を想定し、問題文に指定された図形を作図する問題を解くものが4題を解き学習を行う。

3. 実験内容

本節では、事前・事後テスト、事前・事後アンケートの結果から、システムの作図による学習が空間図形の理解の向上に繋がったのかを考察し、機能の有効性を検討する。

大学生と大学院生の被験者4名に、事前テストとして、空間図形の計量の問題、直線と平面の位置関係の問題、平面図形の形状の問題の3種類からなる全9問の紙面のテストを解いてもらい、被験者の知識量と正答率を確認する。その後、2節で示した学習システムを使って4問の作図形式の問題を解き、最後に事前テストと全く同じ内容の事後テストを解いてもらう。解答に変化があるか、正解率の差を分かりやすくするため、全く同じ問題を使った。被験者には事前テストと事後テストの内容は全く同じ問題だと伝えた上で解いてもらった。

3.1 実験結果

事前テストと事後テストの結果の比較を図3に示す。コロナ禍で中学生・高校生の被験者を募れなかったため、被験者は大学生・大学院生となっている。事前知識がしっかり身に付いているので事前テストの正解率は問題8を除いて全体的に高かった。

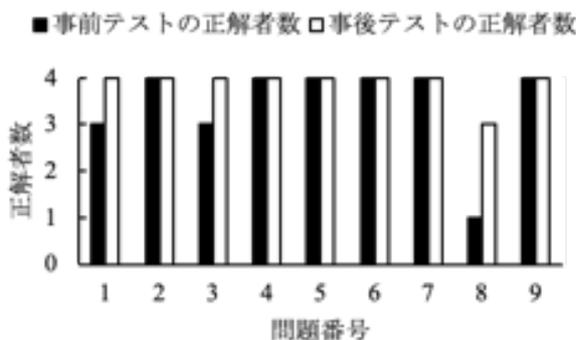


図3 事前テストと事後テストの結果の比較

図3の結果から、問題1, 3, 8について正解者数の増加が確認できた。特に最も変化が現れた問題8では正解者が4人中1人から3人に増加した。この問題8では、立方体の内部にある図形の形状を5つの選択肢から1つ選択する問題で、正答は「直角三角形」だが、事前テストを行なった際、不正解者は全員「普通の三角形」と答えていた。紙面上では三角形の中に存在する直角を見抜けなかったことが間違えた理由として考えられる。正解数が増加した理由

としては、システム上の学習で作図を行い、作図した平面図形を、マーカーを回して様々な角度から視認できたため、1方向からの視点しかない紙面よりも、数回作図した図形をじっくり確認できるシステムの学習の効果が現れ、事後テストの問題を解く際に図形内の直角をイメージし、正解を導くことができたのだと考えられる。作図が被験者にもたらした、図形内の直角のイメージは、空間認識能力が高いと難しくはないが、紙面上の図形は、図形の描かれる角度によって全く違う図形に見えることもあるため、作図の機能は、学習者が間違った見え方をしてしまった場合の助けとなるものであり、正しいイメージを学習者に与える効果があると考えられる。

3.2 アンケートによる結果

実験後に、システムの操作性と評価を聞く事後アンケートを行った。その結果を表1に示す

表1 事後アンケートの内容と結果

	質問内容	回答の平均
Q1	作図により自分の考えた図形を描画することができたか	4.50
Q2	問題を解いて空間図形に対する理解が深まったと感じたか	4.25
Q3	問題を解いて空間図形の問題を解く能力が向上したと感じたか	4.00
Q4	問題を解いている時にシステムの使い辛さを感じたか	2.00

回答形式（5：とてもそう思う、4：そう思う、3：どちらでもない、2：そう思わない、1：全くそう思わない）

表1から、比較的ポジティブな結果を得ることができ、被験者の主観から空間図形に対する理解が深まっていることがわかる。しかし、機能面では作図機能の描画がスムーズに進まなかったことや、被験者が作図しようと思った図形と異なる図形が描画されることもあったため、作図を行う際のヒントの提示も必要であると考えられる。

4. おわりに

本研究では、空間図形のAR型学習支援システムにおける作図機能に焦点を当てて考察した結果、概ね作図機能は空間図形の学習において有効な機能であると思われる。実験から得た結果と被験者の主観から空間図形内の平面図形の認識力の向上や、作図形式の問題の面白さを感じたことも確認できた。

また、今後の課題として、作図機能の改善や、問題の量と質の向上が挙げられる。

参考文献

- (1) 文部科学省：学習指導要領解説 数学編，pp. 78-82, (2017)
- (2) 近藤裕，熊倉啓之，國宗進，藤田太郎：空間図形の理解に関する調査研究：小・中学生の見取り図の理解に関して，奈良教育大学紀要. Vol. 68, pp. 147-156, (2019)