

VR を用いた立体図形問題の理解支援システム

田中宏武^{†1} 五十嵐悠紀^{†1}

概要： 立体図形の学習では、2次元の図を用いた解説を読んでも理解するのが難しいといった場合がある。Virtual Reality(VR)は娯楽の分野では私たちの生活に少しずつ浸透しつつあるが、教育の分野では未だ発展途上である。本稿では VR を立体図形問題の解法を理解するために使用するシステムを提案する。システムを用いてあらゆる方向から図を見て解くことで、立体図形問題の理解を支援する。ユーザスタディを行い、本システムへのフィードバックを得たので報告する。

1. はじめに

Virtual Reality(VR) は今や PlayStation®VR[1] や VR ZONE[2]のように娯楽という形で我々の生活に浸透しつつある。教育の分野に目を向けると、イーオンの「英語でおもてなしガイド(VR 対応)」[3]では海外の観光客の方のボランティアを VR 空間で行うことで英語学習サポートをしたり、AR を用いたスピーチトレーニングソフト[4]などが存在する。AR を用いた企業研修やトレーニングを取り扱うスタートアップや企業が増加し続けている一方で、子どもへの教育現場では普及が遅れている現状も否めない。

そこで本稿では算数における立体図形の学習に着目して VR 環境を導入できる可能性を検討した。立体図形の問題を解いたり、解法を読んで理解したりする際には、2次元の図を用いた解説を読むことになるが、そもそも問題が解けなかった、空間把握能力が長けていない人にとっては2次元の図の理解は難しい。そこで、VR を用いてあらゆる方向から図を見ながら試行錯誤を可能にするシステムを提案する。例題を挙げ、提案システムを用いて問題を解いてもらい、本システムの使用感に関するアンケートを実施した。その結果を報告し、VR システムを用いた学習効果の可能性を示す。

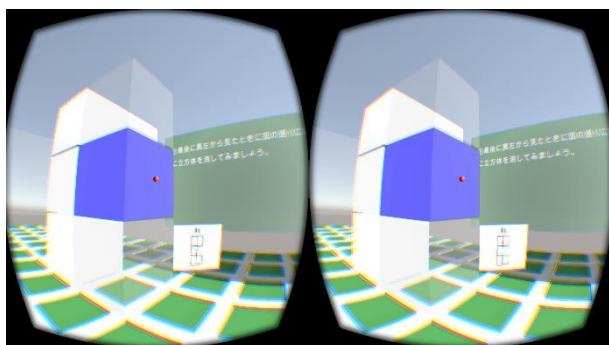


図1 システム画面

2. 関連研究

近年、デジタル教育が普及してきており、タブレット対応型教材[5]のように算数や理科など様々な科目でデジタ

ル教育が活用されている。また、VR 環境下の場合とそうでない場合の学習効果を比較した研究[6]も行われている。

デジタル教育の中でも、プログラミングを例にとると、プログラミング教室やワークショップが全国各地で開催されており、プログラミングをすることで子どもの想像力や試行錯誤能力を育むための教育が行われている[7][8]。これらのワークショップはプログラミングそのものよりも、小学生にも理解できるようなプログラミング教育を通じて、未知の問題を対処、検証できる力を育み、コンピュータとは何かを教えるのが主な目的である。

一方でデジタル環境を受け入れられなかった事例もある。芳賀らは、校内 SNS を構築し教育に役立てようとしたが、保護者の理解を得られなかったがために打ち切りになってしまった[9]。また、デジタル教育は導入、運用コストが掛かってしまうといった問題もあり、必ずしもデジタル教育が成功につながるとは言えないのが現状である。

3. 提案システム

3.1 使用機材・環境

提案システムは、立体図形を対象に VR を用いてあらゆる方向から図形を見ながら試行錯誤を可能にする学習支援システムである。図2にユーザがシステムを体験している様子を示す。VR 映像を表示するためのヘッドマウントディスプレイ(HMD)には Oculus 社の Oculus Rift DK2 を使用、操作するためのコントローラには Sony 社の PlayStation®4 コントローラ[10]を使用した。またソフトウェアの実行、及び HMD への出力を行うコンピュータとして Apple 社の Mac Book Pro(CPU : 2.2GHz Intel Core i7, メモリ : 16GB)を使用した。HMD への出力は HDMI から、コントローラの入力には USB 接続を介して行う。

^{†1} 明治大学
Meiji University



図2 ユーザがシステムを体験している様子

3.2 ユーザインタフェース

システムの操作は全てコントローラで行う。図3に操作キーの割り当て一覧を示す。ユーザは、左ジョイスティックで向いている方向に対して前後左右に移動、右ジョイスティックで向いている方向に関わらず床に対して垂直に上下移動ができる。○ボタンで問題の解説を次に進めることができ、△ボタンで立方体を消す/戻すことができる(詳しくは次章参照)。初期位置から見て右を向くと問題文や解説文が書いてあり、LR ボタンを押すと文章と図の切り替えができる。なお、操作説明はシステム内に記述されており初期位置から見て左を向いた方向に見えるようになっている(図4)。



図3 操作キーの割り当て

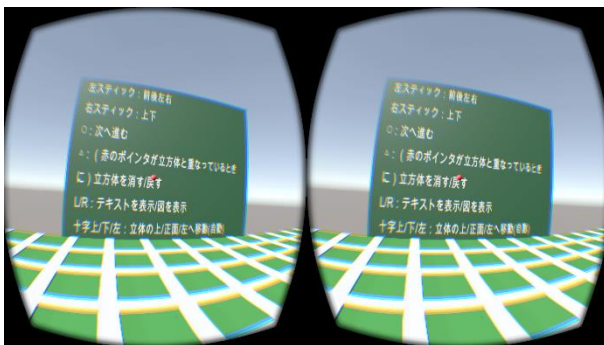


図4 システム内の操作説明

4. 例題

例題として図5のような問題を解くこととした。

1 辺の長さが 1 cm の立方体を何個か面と面をはり合わせて 1 つの立体を作った。この立体を真上、真正面、真左から見たところ、図のようになった。この立体は立方体を何個はり合わせて作られたものか答えなさい。
(浦和明の星女子中学 2010 改[11])

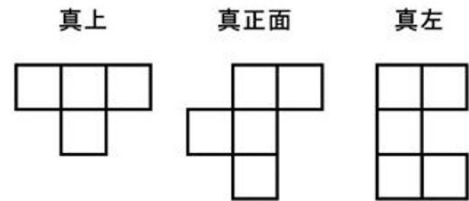


図3 方向からの見取り図

図5 使用した例題

この問題の解法は大きく分けて4段階に分けることができる。

- (1) 同一の立方体 18 個を $3 \times 3 \times 2$ の形で用意する。
- (2) 真上から見たとき図4の形になるように(1)の立方体を消す数が最小になるように消す(この場合、6 つ消える)。
- (3) 真正面に対して(2)と同じ操作をする。
- (4) 真左に対して(2)と同じ操作をする。

これらの操作により残った立方体の数が答えであり、7 個である。これを本システムで解くこととした。

表示される文章に沿って自ら移動し、(2)-(4)の処理をするのが主な流れである。立方体を消す処理について記述する。目の前の赤いポインタが立方体と重なると立方体が青に変色する。この時、△ボタンを押すと立方体が消える。消えた立方体は半透明になるが、同じ処理をすると元に戻ることができる。消して次に進むとき正否判定が行われ、正解(図の通りに立方体を消している)ならそのまま次に進むことができるが、不正解だった場合は直前の状態に戻る(図6)。見取り図は前述(2.2)の場所に表示されるが進捗状況に応じた図が画面右下にも表示される。基本的に移動はユーザが行うが、どこが正面かわからなくなる可能性により(1)-(4)が切り替わる時に初期位置へ、図を確認するため立方体を消した後正否に関わらず対応した方向へ自動的に移動するようになっている。

図7にこの例題に対する答えを示す。ユーザはこの最終的に残った7つの立方体を答えることを目標とする。

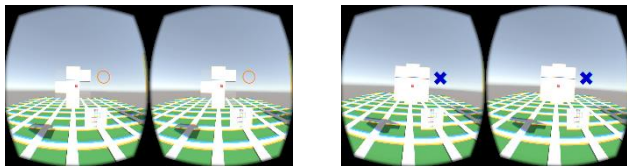


図 6 正解だった場合(左), 不正解だった場合(右)

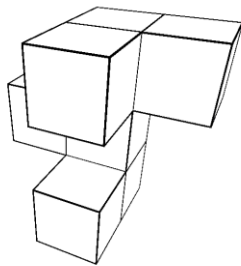


図 7 最終的に残った 7 つの立方体

5. 結果と議論

2017 年 8 月に開催された明治大学のオープンキャンパスにて、本システムを体験してもらった。体験者には最後まで問題を解いてもらい、終了時に表 1 のようなアンケートを配布した結果、18 人から回答を得ることができた。アンケートの各設問は表 2 のように 5 段階とし、とてもそう思う (5 点)、とてもそう思わない (1 点) とした。また自由記述欄も設けた。

5.1 結果

各質問項目における度数分布図及び平均点を図 8 に示す。この中で最も平均点が高かったのは Q6「ゲーム感覚で楽しく学ぶことができたか」の 4.72 で、次いで Q2「画面上で解説を見るよりわかりやすかったか」も 4.33 と二番目に高い点数を示していた。逆に、Q7「このソフトウェアを使って立体図形の勉強がしたいか」は 3.78 と低かった。また、Q1 が 4 点だった人の Q2 の平均点は 4.50、3 点だった人は 4.00、2 点だった人は 4.20、1 点だった人は 5.00 であり、元々問題を解くのが得意かどうかで本システムでの理解度に大きく差が出るということではなかった。

自由記述欄では「小学校などで利用したらより算数が楽しくなるだろうと思った。」や「実際に立体図形を見て自分で操作できるのでとても勉強しやすい。」など、本システムの狙いを達成できていることが伺えるような意見を頂いた。一方で、眼鏡を外さなければいけないため裸眼視力が低い人は画面中のテキストが読みづらかったようだ。また、手元が見えないためコントローラのキー及びジョイスティックの配置を覚えていない人は操作に苦労するという問題もあった。

表 1 体験者の印象を把握するためのアンケート

Q1	立体図形の問題を解くのは得意か
Q2	画面上で解説を見るよりわかりやすかったか
Q3	ジョイスティックを用いて自分で移動するのは問題を解く上で役に立ったか
Q4	ゲーム感覚で楽しく学ぶことができたか
Q5	このソフトウェアを使って立体図形の勉強がしたいか
Q6	体験後、酔いなど体に不具合が出たか

表 2 5 段階リッカートスケール上の言語ラベル

1 点	とてもそう思わない
2 点	そう思わない
3 点	どちらとも言えない
4 点	そう思う
5 点	とてもそう思う

5.2 議論

上記のアンケートの結果から、本システムは楽しく勉強ができ、理解度を高める効果はあるものの、日常での勉強にはあまり向かないことがわかった。普通に勉強するときと比べて、あらゆる方向から見られる点や実際に空間内で問題を解くことができるという点では意義があると言えるが、HMD をつける手間や酔いに弱い人は酔いがネックとなるだろう。

今回、Oculus の WEB サイト[12]に 13 歳未満は HMD をしないよう記載してあるため、小学生を対象とした実験は行わなかった。また、VR コンテンツ全体に言えることだが、VR は目への刺激や瞳孔間距離の関係から小学生くらいの児童には向かないとされている[13]。本システムで採用したのは中学受験の問題だったが、一番使いたいであろう年齢層には合わないといった点がハードルである。目への刺激のみに関しては年齢制限を更に下げても問題ないという見解もあるため、瞳孔間距離によってレンズの位置を調整できるようになるなど、HMD をより使いやすくなるよう改良が待たれる。

6. まとめと今後の課題

本稿では算数における立体図形の学習に着目して VR 環境を導入できる可能性を検討した。具体的な例題に対し、提案システムを用いて問題を解いてもらい、本システムの使用感に関するアンケートを実施した。

今回協力していただいたユーザは VR の世界に触れたことがない方がほとんどであった。そのため、多くの人は HMD を装着したときに程度に差はあれ興奮していた様子が見受けられた。今回の立体図形問題に関わらず、勉強が嫌いな人でもこうした刺激のある勉強法を試すことで、苦

手意識をなくすことや勉強を始めるきっかけになれるのではないかと考える。

今後は立体図形に関する問題を増やし、VR で解説する実験を行っていく。また、教員が問題を容易に VR システムを使って解説できるようなシステムに発展させることを行いたい。VR システムを適用する例として算数の立体図形を挙げたが、そのほかの科目に対してもデジタル教育をより楽しくわかりやすくしていくことに VR を使用できる可能性を検討したい。

参考文献

- [1] PlayStation®VR
<http://www.jp.playstation.com/psvr/>
- [2] VR ZONE SHINJUKU. <https://vrzone-pic.com/>
- [3] イーオン. VR を活用した英会話学習アプリ「英語でおもてなしガイド(VR 対応)」2017 年 7 月 18 日リリース.
- [4] Virtual Speech Ltd. <https://virtualspeech.com/>
- [5] CHieru. インタラクティブ型教材.
<http://www.chieru.co.jp/digital/>
- [6] 鈴木貴大, 鈴木崇弘, 千葉紗由季, 稲葉竹俊, 松永信介. 異なる簡易 VR 学習環境下での学習効果の差異の研究. 情報処理学会第 73 回全国大会, pp. 455-456, (2011).
- [7] 原田康徳. 小学生に分かるコンピュータサイエンスとしてのプログラミング教育 ―ビスケットを用いて―. 情報処理, Vol.57, No.4, pp.344-348, (2016)
- [8] 阿部和広. 子供の創造的活動と プログラミング学習. 情報処理, Vol.57, No.4, pp. 349-353, (2016)
- [9] 芳賀高洋, 竹中章勝. ネットワークコミュニティと ICT 活用教育 ―子どもの自律と成長のために―. 情報処理, Vol.56, No.4, pp.355-359, (2015)
- [10] ワイヤレスコントローラー(DUALSHOCK®4)グレイシャー・ホワイト
<http://www.jp.playstation.com/ps4/peripheral/cuhzt2j13.html>
- [11] どう解く? 中学受験算数(2017 年 10 月 18 日確認)
<http://jukensansu.cocolog-nifty.com/blog/2011/11/post-305f.html>
- [12] Oculus. Health and Safety Warnings
<https://www.oculus.com/legal/health-and-safety-warnings/>
- [13] Colleen MacLachlan and Howard C. Howland. Normal values and standard deviations for pupil diameter and interpupillary distance in subjects aged 1 month to 19 years, Ophthal. Physiol. Opt. 22, pp.175-182, (2002)

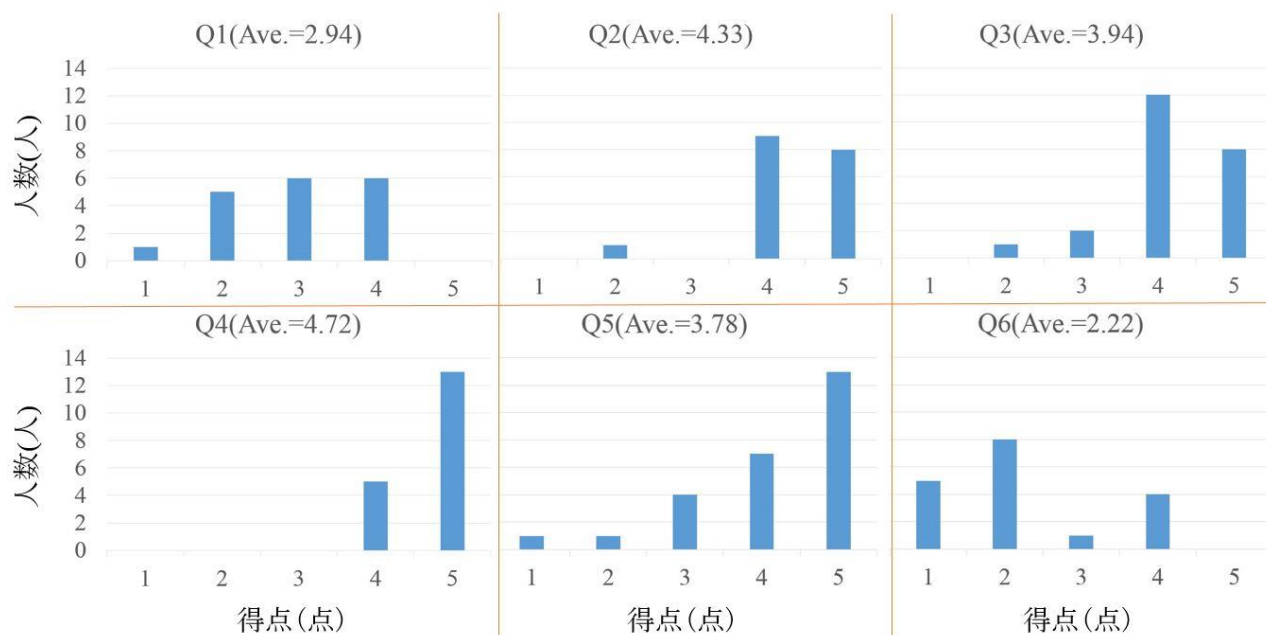


図8 アンケート調査結果