

# VRにおける立体図形問題用図ツールの提案

齋藤 瞬矢\* 三武 裕玄\*

**概要.** 立体図形問題を解く際、二次元の紙面に三次元の図形を描くという従来の方法は多くの困難を伴う。描かれた図形は1つの視点からしか見ることができず、空間的な理解が妨げられることが多い。この制約は特に教育現場において、生徒が図形を直感的に理解する際の大きな障壁となっている。本研究では、Virtual Reality(VR)で立体的な作図を行うことができるシステムを作成した。

本研究の目的は、VRを用いて立体図形問題における視覚的補助を提供し、理解度の向上を図ることである。また、VR空間を利用し複数人で立体図形を共有できるため、教師が生徒に図形を教える場面での円滑なコミュニケーションを促進することを重視している。

## 1 はじめに

中等教育において、立体図形問題が頻出する。立体図形問題を解く際には、見取り図を用いて解答するが、見取り図は三次元立体を二次元平面に描画するため、正確な作図は難しい。また、見取り図では図形を1つの視点からしか見ることができない。これらの制約が妨げとなり、立体図形問題を解くことを苦手とする生徒が多いと考える。見取り図を作図する能力に関する従来の研究[1]では、生徒たちの空間図形認識が十分でないことが指摘されている。

岩崎らが行った立体図形の切断面の形状を答える問題の正答率を調べた実験では、立体図形の見かけに騙されてしまうことから、実際に立体に触れられるような環境・教具に有用性があると指摘しており、立体を実際に目の前で見られる環境には需要があると考えられる。

本研究では、VR上で立体図形を表示して、点や直線を作図出来るシステムを提案する。従来のVR作図システムには、Tilt Brush[2]のようなお絵描きソフトやStrata inStudio VR[3]のようなクリエイター向け作図ソフトがあるが、立体図形問題に特化した作図ソフトはない。これらのソフトはUIや機能が複雑であり、習得に時間がかかるため、学習用の作図ソフトとしては使いづらい。本研究の目的は、操作や機能を簡素化し、生徒が自習する過程でソフトの操作方等に気を取られて理解が妨げられないような、立体図形問題に特化したVR作図UIを実現することである。また、ソーシャルVR上で実装することでオンライン授業での解説や、生徒同士で

の学び合いに使えるような環境を構築する。

## 2 関連研究

3DCGを利用した立体図形問題の作図支援システムについての研究がいくつか行われている。

白鳥ら[3]は、偏光式3Dメガネをかけて立体視CGを見ることで、立体図形が目の前にあるように見える教材を提案している。白鳥らは、2D画面と立体視を用いた3D画面の2グループに被験者を分け、学習を行った。被験者数は少なかったが、立体視の3D画面で学習した被験者グループの正答率が高いという結果が得られていた。これは、立体を3Dで見ることが作図教育に効果的である傾向があることを示していると考えられる。

田中ら[4]は、VR上で立方体を複雑に組み合わせた図形を表示し、その投影図を基に立方体の数を答える問題を解くシステムを提案していた。理解支援は、不必要な立方体を選んで消して与えられた立体と同じものを作成することで残った立方体の数が答えられるという方法であった。被験者に対して行ったアンケートにおいて、「画面上で解説を見るよりわかりやすい」という回答が多かったため、VRを用いた理解支援システムの有効性が見られた。しかし、局所的な問題に限定された実験であったため、他の立体問題に応用することはできていなかった。

## 3 提案システム

### 3.1 システム概要

本システムは、VRを用いて目の前に表示した立体図形に直接作図を行うことができるシステムである。作図システムには、立体図形を生成する機能と、任意の場所に点を配置する機能、配置した点を直線で結ぶ機能、空間上に自由に線を描く機能の4個が

ある。また、複数人での立体図形の共有を可能にするため、VRChat上にワールドとして実装した。

## 3.2 機能

### 3.2.1 立体図形を生成する機能

出題された問題に対応した立体を生成するボタンを配置した。ボタンを押すと定位置に立体が生成される。立体図形問題には、様々な立体が出題されるが、そのパターンは限られている。そのため、本システムで生成できる図形は中学校教育で学習する基本的な図形に限り、立方体、直方体、角柱、円柱、四角錐、三角錐、円錐を生成できるようにした。立体の大きさは、ボタンを動かすことで任意の大きさに拡大縮小ができる。立体図形は面を半透過状態で表示しており、図形内部に作図を行ったり、図形を置くことが可能である。

### 3.2.2 任意の場所に点を配置する機能

立体図形問題では、立体図形上の点を基準として、内分、外分などの条件による点を二次元上の立体に描き作図を行っていく。これをVR上で再現するため、先端の位置に点を生成するペンを作成した。ペンを持ち、VRコントローラーのトリガーを引くことで空間上に点が生成される。

### 3.2.3 点を直線で結ぶ機能

3.2.2節の機能で配置した点を2点選択し、その間を直線で結ぶ機能を作成した。3.2.2節のペンとは別のペンを用意し、ペンで触れた2点間を直線で結ぶ。その様子を図1に示す。直線は、触れた2点の座標を取得して直線の始点と終点とした。直線は、システム上で計算を行うことで、内分、外分などの条件に合わせた正確な長さにも引くことも可能である。しかし、本研究の目的は、解答者が立体図形問題を自力で解けるようになることであり、問題には直線の長さや比を答える問題が多いため、システム上で数値を計算して答えを導いてしまうことは本研究の目的から逸れてしまう。点の位置や直線の長さなどの数値の計算についてはシステムの利用者、つまり問題の解答者自らが行うようにした。

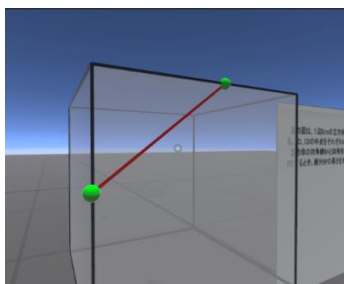


図1. 配置した点とそれを結ぶ直線

### 3.2.4 空間上に自由に線を描く機能

空間上に線を描けるシステムとして、VRChatで一般的なQVPen[5]を使用した。文字などの作図は、

三次元的に線を描ける機能が適している。テキスト入力を用いて表示する手法も考えられたが、テキスト入力による手間により作図が遅くなってしまい、理解の妨げになってしまうと考え、QVPenを使用することとした。これらの機能を用いて作図を行った様子を図2に示す。

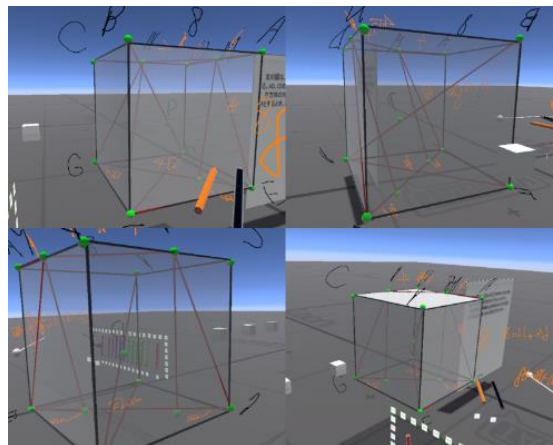


図2. 作図した様子を複数視点で撮影したもの

## 4 考察と展望

本システムにより、VR上で立体的な作図を行うことが可能になった。筆者が試したところ、2つの点同士を選択すると自動で直線が書かれるため、二次元上手書きで作図を行うよりも見やすくなっていった。立体図形問題の解答には自分で必要な補助線を見つけ、解答を導くための図形を見つけることが重要だが、様々な視点から立体を眺められることでそれらの発想がしやすくなったと感じた。また、三次元的に図形を眺められることで立体の構造が見やすく、空間認識力が向上することが期待できた。点の配置は奥行きがわかりにくく置きにくい場合があった。また、数字などの文字を空間に書く場合、見る角度を変えると正確に見ることができなくなっていた。

展望として、様々な問題を用いて正答率が向上するかを実験し、理解力の促進に効果があるか確かめたい。また、点の配置と直線を引くペンの2つがあり、図形を生成するボタンも存在するため、操作の手間が増えている。より操作を単純化し、簡単に作図できるようにするため、機能を一元化していきたい。

## 参考文献

- [1] 岩崎彩乃, 青山和裕, 辻宏子. 中学生の空間図形の認識に関する研究. 日本科学教育学会研究会研究報告. 2019, vol.34, no.3, p.89-92.

## VRにおける立体図形問題用作図ツールの提案

- [2] PlayStation (2020) Tilt Brush.  
[https://store.playstation.com/ja-jp/product/JP9000-CUSA18231\\_00-TILTBRUSH0000000](https://store.playstation.com/ja-jp/product/JP9000-CUSA18231_00-TILTBRUSH0000000) (閲覧日 : 2024年10月30日)
- [3] Steam (2017) Strata inStudio VR.  
[https://store.steampowered.com/app/627530/Strata\\_inStudio\\_VR/?l=japanese](https://store.steampowered.com/app/627530/Strata_inStudio_VR/?l=japanese) (閲覧日 : 2024年10月30日)
- [4] 白鳥優莉, 長谷川大, 佐久田博司. 3D立体視CGによる立体図形作図用教材の学習効果. 第77回全国大会講演論文集. 2015, 1, p.975-976.
- [5] 田中宏武, 五十嵐悠紀. VRを用いた立体図形問題の理解支援システム. IPSJ Interaction. 2018, p.629-632.
- [6] QvPen - Package Shop @aivrc.  
<https://booth.pm/ja/items/1555789> (2024/10/29 確認)