

立体図形の構造理解における 対話的切断・観察用MRシステム

大滝 勇輝(中央大学大学院理工学研究科情報工学専攻 修士前期課程 2年)
牧野 光則(中央大学理工学部情報工学科 教授)

1.研究背景

1.1 空間図形の単元

- ・平面上の立体図形に対して,描かれていない辺や頂点を補いつつ,三次元形状を想像する必要がある.
- ・ある図形に対する適切な断面を推測する必要がある.

→三次元空間上で思考する必要がある,空間認識能力の具備が求められる.

1.2 テスト調査

「空間図形」を学んだ中学生に対する切断面を問う問題10問[1]において,正答率最大76%,最小0%,平均37%の結果になり,見かけの図形にだまされやすいと報告があった.

→平面に描かれた立体図形を三次元に落とし込むことが難しい.

1.3 従来手法

①紙媒体 ②電子端末 ③教材
(教科書,参考書) (タブレット,スマートフォン) (プラスチック,紙素材の模型)

	①紙媒体	②電子端末	③教材
自由な操作	×	○	○
自由な切断	×	○	△
任意な角度からの観察	×	○	○
三次元的な観察	×	×	○
準備の容易さ	○	○	×

→従来手法には問題点があり,学習法に対し解決する必要がある.

2.研究目的・目標

目的

中学生に対する立体図形の構造理解の向上

目標

立体図形に対して対話的に任意な角度の切断や観察を可能にする学習用システムを開発し,ユーザテストにより本システムの有用性を検証すること

3.システム概要

3.1 MR技術

複合現実感(MR)は仮想環境と現実環境を融合させる概念[2]

- ・立体図形に見立てた仮想物体を作り出すことは容易
- ・現実世界に重畳表示させた図形に対して干渉可能
- ・移動範囲と手の拘束なく,システム操作可能



(HoloLens 2)

3.2 システム詳細

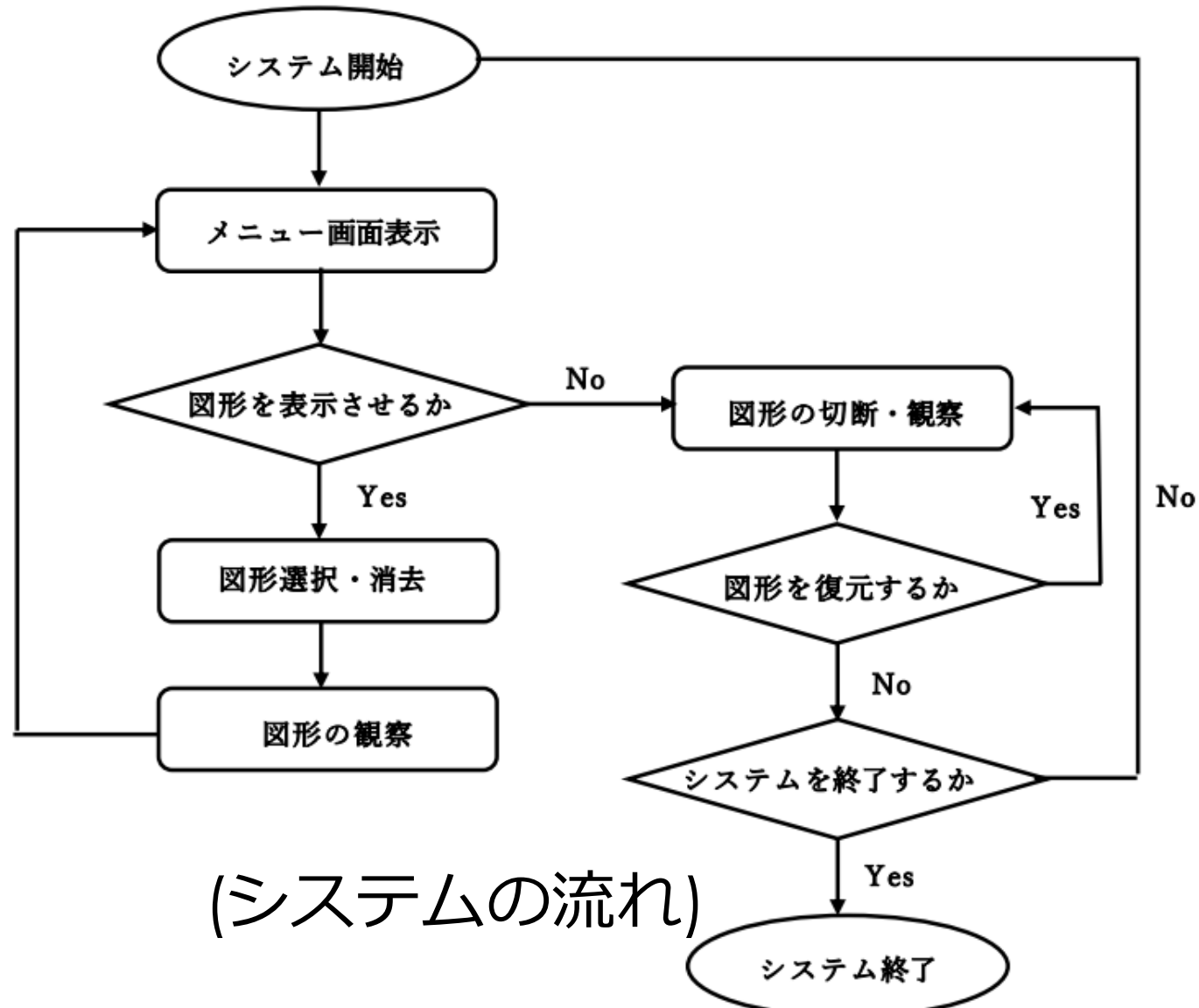
開発プラットフォーム: Unity(MRTK)
配置オブジェクト: Blenderで作成した立体図形(単元範囲内)
システム説明と各種ボタン
切断モード時の切断用オブジェクト
音声認識と音響

<操作>
・平行移動,回転,拡大縮小
・重力切り替えにより,手操作なしの観察

<切断>
・手に追尾する長方形型の透明オブジェクトにより切断
・切断時の音響と切断面に色を付与した視覚的・聴覚的效果
・物体の復元,複数回の切断可能

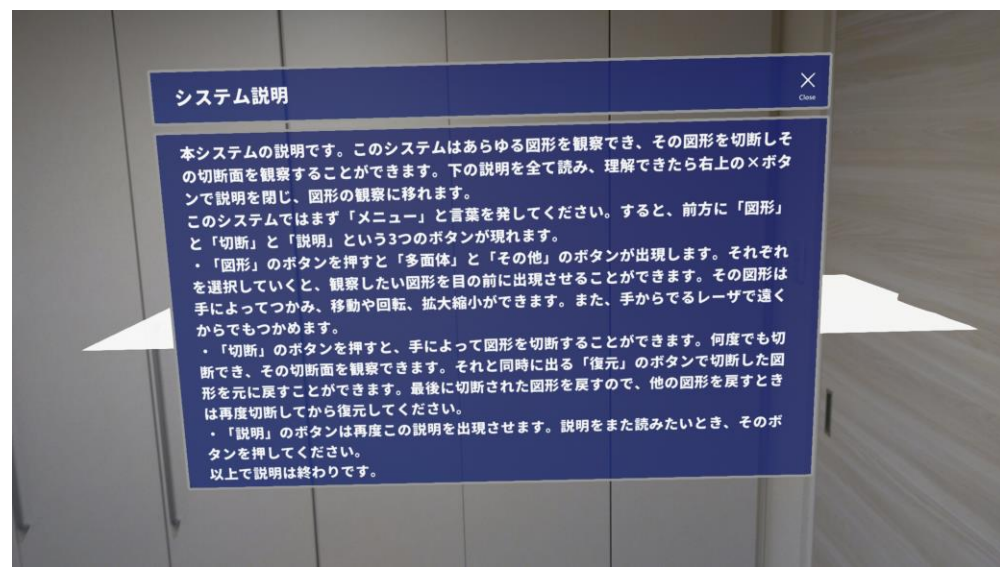
システムの特徴

- ・MRにより,三次元空間上でユーザの意のままに操作や切断可能
- ・立体図形を簡単に表示でき,切断した図形の復元も可能
- ・視覚・聴覚を刺激する学習システムの構築



4.システム実装

開始・選択シーン

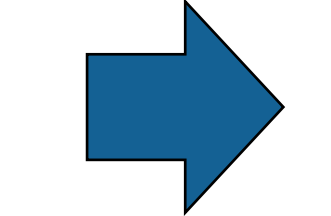


(開始シーン)

「メニュー」と発する



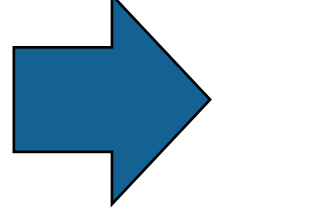
(メニューシーン)



図形ボタン
選択



(図形の種類選択シーン)

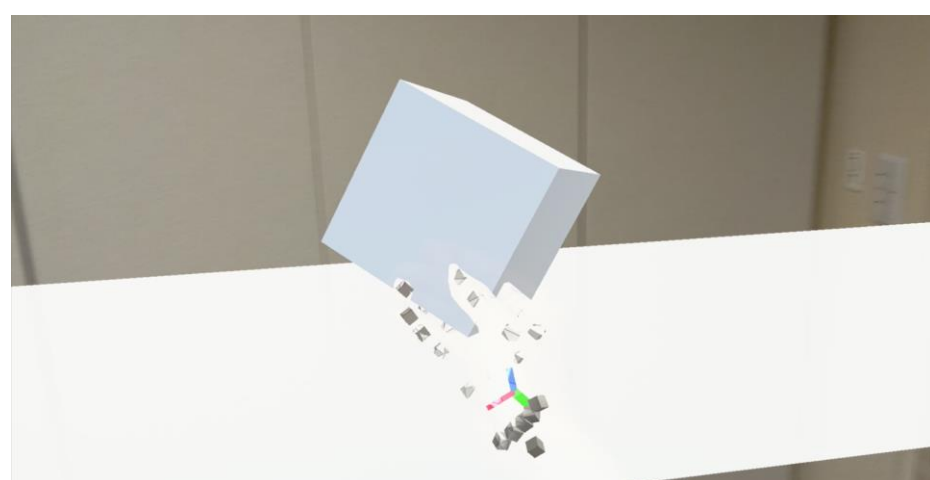


多面体ボタン
選択



(図形選択シーン)

図形操作シーン



(平行移動・回転シーン)

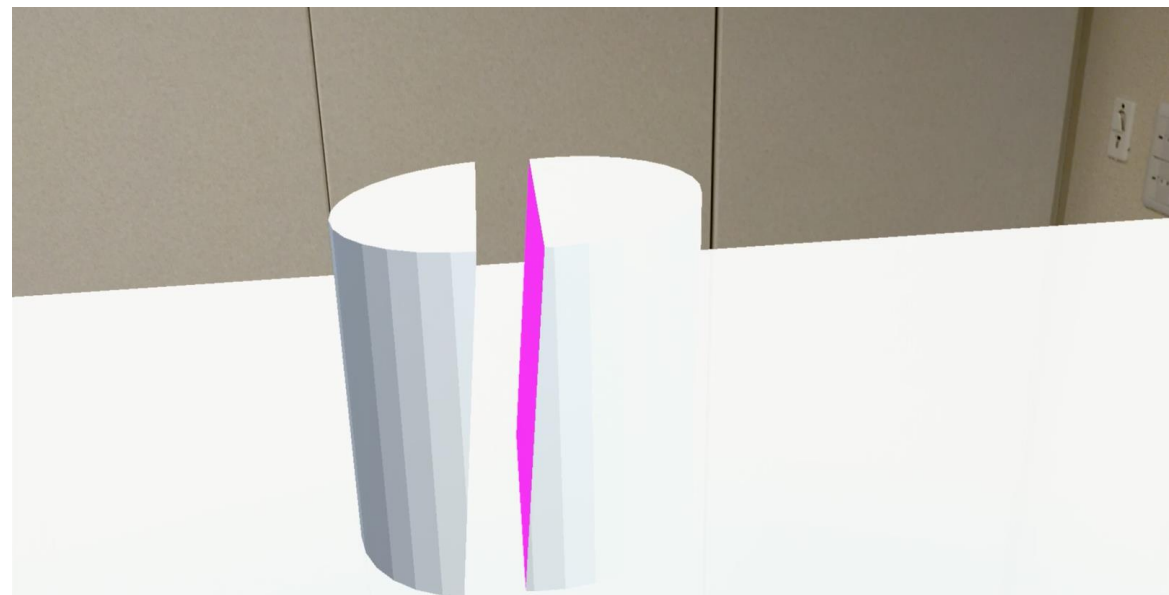


(拡大縮小シーン 1)

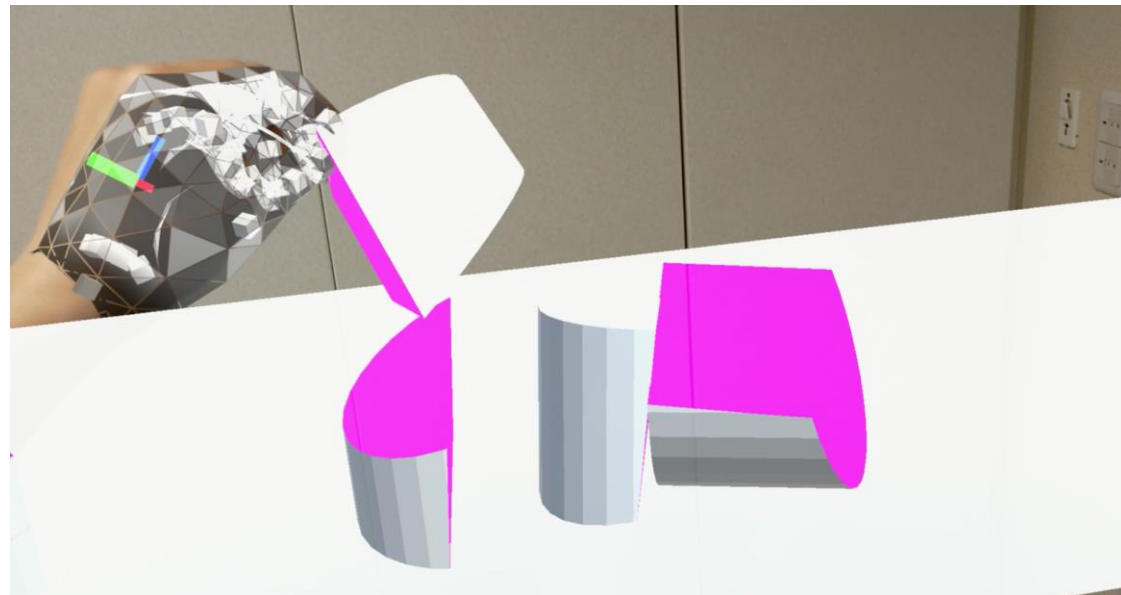


(拡大縮小シーン 2)

図形切断シーン



(切断シーン)



(複数回切断シーン)

5.ユーザ実験

被験者: 「空間図形」の単元を学習済みの中学生8名
場所: 直接日光が差し込まない屋内
流れ: 事前アンケート・テスト→システム検証
→事後アンケート・テスト
備考: 立ち座りでの操作,1回の所要時間1時間半程度

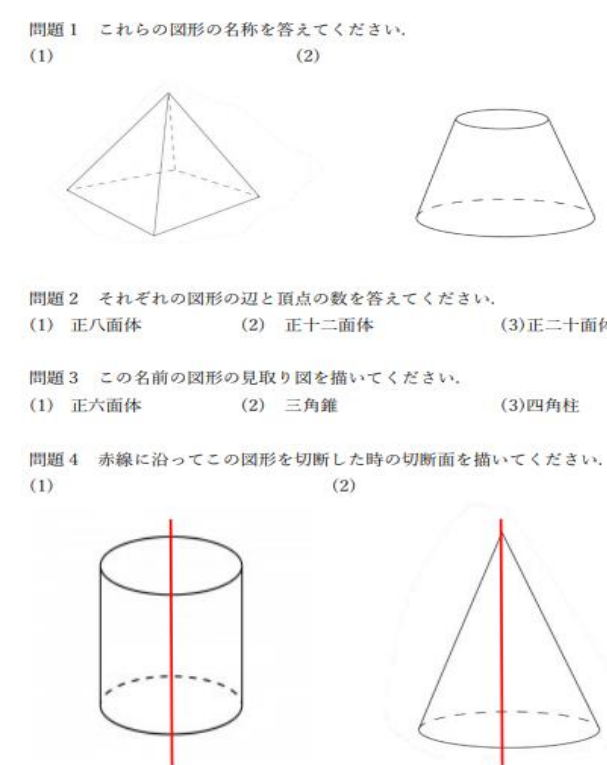
結果

	A	B	C	D	E	F	G	H
苦手意識	○	○	○	○	○	×	×	○
構造理解の得意さ	×	×	×	×	×	○	○	×
紙媒体の体験	○	○	○	○	○	○	○	○
電子端末の経験	×	○	×	×	○	×	×	×
教材の経験	×	×	×	○	×	○	×	×
XRの経験	×	×	×	×	×	×	○	×
検証前の点数	1	3	4	3	4	5	6	4
検証後の点数	7	9	9	7	9	10	9	8

(ユーザの属性とテスト結果)

考察

- ・全被験者のテスト点数は検証後,上昇しており,立体図形の学習を得意とするFとGは満点近い.
- ・操作や切断の機能は扱いやすく,立体図形の構造を理解しやすいとの声が多かった.加えて,システム自体の疲労感や学習における手間もないため,学習システムとしてこれからも利用していきたいと答えた人数が多かったと考える.



(テスト用問題)

	1	2	3	4
1.疲労感があったか	6	2	0	0
2.手の反応に違和感があったか	5	3	0	0
3.図形の操作はやりやすいか	0	1	4	3
4.図形の切断はやりやすいか	0	0	0	8
5.図形の種類に問題はあったか	6	2	0	0
6.図形の出現に手間はあったか	7	1	0	0
7.面白さを感じたか	0	0	1	7
8.立体図形の構造を理解できたか	0	0	0	8
9.今後の学習に利用したいか	0	0	0	8

(事後アンケート)

6.結論

本研究では,立体図形の任意な角度の切断や観察を可能にするシステムとMR上で対話的に学習できる機能を実装した.実験結果より,客観的に立体図形の学習への本システムの有効性が示された.事後アンケートでは他の学習方法と比較した被験者の主観的な評価が得られた.

今後の課題

- ・他学年に適応したシステムの拡張
- ・立体図形の理解をより得るために展開や結合,分解といった他機能の追加

Reference

- [1]岩崎綾乃, 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, Vol.34, No.3, 2019
[2]館すすむ, 佐藤誠, 廣瀬通孝: "バーチャルリアリティ学", 日本バーチャルリアリティ学会, 2011