

# 建築設計製図の授業におけるVRの効果的活用に関する基礎的研究

渡邊 駿\*<sup>1</sup> 川井 丈夢\*<sup>2</sup> 飯野 秋成\*<sup>3</sup>

## 1.はじめに

建築の作品発表、講評会では、建築の平面図、立面図、断面図や設計した3DCGやパースといったイラストや写真などを載せたプレゼンテーションボードとスチレンボードや木材、紙などで作った建築模型を用いて口頭での発表が多く行われている。しかし、まだ建築の知識が浅い学生では、図面や模型などの表現技術が乏しく、作品空間の設計、光や素材などの表現が十分でない場合が多い。発展性のあるコンセプトや優れたデザインの作品でも、不十分な表現ゆえに、教員、他の学生に良さが伝わらず、本来の評価がされていない場合が少なからずあるものと考えられる。

近年、バーチャルリアリティ（以下VR）を利用したいいくつかの効果的な教育事例が報告されている。横掘ら<sup>3)</sup>は、コロナ禍時代での医療学生の臨床経験を補うためのオンラインによる教育の実践例を示している。また、臼井ら<sup>4)</sup>は、中学の美術教育における美術作品の新たな鑑賞のあり方と、それによる生徒の作品への感想の違いを示すに至っている。いずれの事例にも、ヘッドマウントディスプレイ（HMD:Head Mounted Display）と呼ばれるゴーグルの装置に3D空間や映像をゴーグル内で映し出すとともに、コントローラーの操作により自由に動き見ることのできる手法を有効に活用している。二次元の映像媒体と比べてより強い没入感を与えることができるだけでなく、3D空間の作成段階における空間スケール、素材感、立体感等の自由に設定できることは、建築設計教育の分野への導入の可能性を示唆しているものと考えられる。

本研究では建築設計製図の授業によるプレゼンテーション及び作品鑑賞、建築設計、再設計の助力となる授業用VRシステムの基礎を開発することを目的として行った。授業用VRシステムは対面の講評会と同様に会話、発表、プレゼンテーションボードの閲覧をおこなうことができる空間を目指し開発をした。また学生が設計した建築設計製図の作品の3Dモデルを導入することにした。その3Dモデルの内部に入り込みながらプレゼンテーションを行いVR空間で作品を鑑賞することによって、作品の再設計の助力となる設計支援ツールとしての意義が明確に出ているかを被験者実験によるアンケート結果から評価・検討した。

## 2.開発と実験方法

### 2-1 実験の対象とした建築設計製図の授業の概要

本研究では新潟工科大学工学部4年前期「建築設計製図Ⅳ」の授業を対象として実験を行った。授業の目的、期間および概要を表1に示す。本授業は、美術館を設計することを想定した。履修学生は11名で、授業担当教員は常時計画系の教員4名と構造系および環境系の教員計4名が必要に応じてアドバイスをするという体制で行った。作品の発表は中間発表2回と最終発表1回行われ、履修学生の発表の際には、作品のタイトル、コンセプトなどがまとめられたプレゼンテーションボードが使われており、人によってはプレゼンテーションボードと模型も使用して発表した。

表1 対象授業の目的と概要について

授業名	建築設計製図Ⅳ（学部4年次対象）	
授業期間	2021年度前期（4月～8月、15回）	
	中間発表1回目	5月17日
	中間発表2回目	6月21日
	最終発表	8月5日
授業目的	課題：「夢の森公園」（新潟県柏崎市）に建つ美術館を設計する 規模：延床面積2000～2400㎡とすること 構造：ラーメン構造による鉄筋コンクリート造を基本とし、2階建て構成 必要諸室： 展示部門に常設・企画展示室、 管理部門に館長室、学芸員室、応接室、事務室、 共有部門にエントランス、喫茶店、ミュージアムショップ、 コミュニティー部門にセミナー室、工房、図書室、 その他に収蔵庫、機械室、電気室等。 ※各室に概略の所要面積の指定あり 要求図面： 各階平面図、立面図、断面図、インテリア&エクステリアパース、模型。 プレゼンテーションボードには、構造計画、環境計画、設備計画の工夫、および作品のコンセプトに関する記述をおこなう。	
担当教員	4名（II,HI,KA,KO）	
履修学生数	学部4年次生 11名（II研究室3名,KA研究室4名,KO研究室4名）	

表2 開発環境とHMDについて

コンピューター名	G-Tune002	
CPU	Intel®Core™ i7-6700K CPU@4.00Hz	
Windowsエディション	Windows 10 Home	
メモリ	16.0GB	
ソフトウェア	Unity ver2020.3.10f1	
HMD	解像度	リフレッシュレート
OculusRiftS	1280×1440	80Hz
OculusQuest2	1832×1920	90Hz
OculusQuest	1660×1440	72Hz

\*1 わたなべ しゅん 新潟工科大学 生産開発工学専攻修士課程 〒945-1195 新潟県柏崎市藤橋1719

\*2 かわい ひろむ (株)中越興業 建築部工事課 〒940-2186 新潟県長岡市喜多町1078-1

\*3 いいの あきなる 新潟工科大学 工学部工学科 〒945-1195 新潟県柏崎市藤橋1719

表3 開発でのねらいと実装機能とのつながりについて


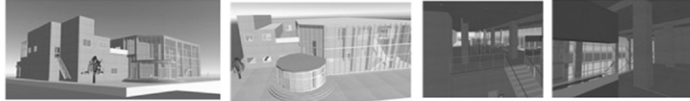


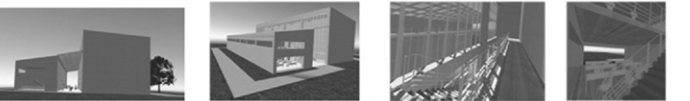
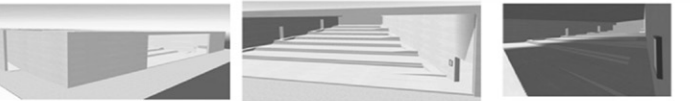


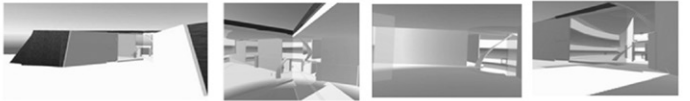
本研究でのねらい	実装機能とのつながり	
複数人での空間の共有の仕方	番号	① ②
	教員と学生がアバターとなって空間に入り込み、ボイスチャットで自由に会話することができる。	
作品のスケール感と素材感の確認	番号	①
	3Dモデルの導入の際に制作者に素材を選定してもらう。アバターとの大きさ比較によりスケール感を確認できる。	
複数作品の鑑賞のしやすさ	番号	⑤ ⑥
	作品を一行に並べ歩き回りながら鑑賞できるようにした。作品を高い所から鑑賞できるようにした。空間の名前表示が最小限になるようにした。	
自作品へのフィードバックについて	番号	① ② ③ ④
	自作品の図面を持ち歩き見れるようにした。教員や他の学生から現場で意見や指摘を受けられるようにした。	

※番号は表4に対応する

表4 実装機能と理由について

実装機能	実装理由
①オリジナルアバター	コミュニケーションの際に人を見分けるため
②ボイスチャット	リアルタイムによる意見交換、口頭発表をおこなうため
③物を掴む	図面、指し棒を掴むため
④指し棒	発表の際に場所を示せるようにするため
⑤テキスト表示	建物内の雰囲気や崩さずに部屋の名称がわかるように
⑥飛行機能	現実では見ることの難しい建物の上などを見られるようにするため

表5 導入した9つの作品について

作品No.	延床面積	特徴	外観・内装
1	2452㎡	展示室の一部を別棟として移動の際に外の空間にある川の上を橋を利用するようになっており自然を肌で感じやすくなっている。	
2	2242㎡	建物の外壁の多くがガラス張りになっておりエントランスなどの共有空間から外の自然が一望できるようになっている。	
3	2748㎡	北側にガラス張りのオープンスペースをつくりそこで飲食、学習、読書などをおこなう際に自然が眺められるようになっている。	
4	2074㎡	1階をガラス張りかつ高さを低くして反対の外空間へ視線が通りやすくなっている。1階を低くしているので3階になっている。	
5	2203㎡	2つの棟の間にあるエントランスホールによって自然と先にある広場に向くようになっている。	
6	2413㎡	室内にある大階段の空間から外の風景が写真で切り取ったように見ることができる。	
7	1888㎡	ブリッジを使用して機能のわかれた美術館の設備を回る際に自然と触れ合えるようになっている。	
8	2500㎡	曲面するガラス張りの外壁、円形屋根の組子によってできる影により木漏れ日の中のように感じられるようになっている。	
9	1962㎡	外観は小高い丘になっており登れるようになっており、外光を取り込めるように丘の一部切り取られている。	

## 2-2 機材、機器とアプリケーション開発について

開発に使用したプラットフォーム、通信エンジンについて表2に示す。その他にオリジナルアバターの作成にVRoid Studio、設計作品の作成にBlenderや建築用のCADソフトを使用した。これらを組み合わせて、教員と学生の複数人で空間が共有<sup>1)</sup>でき、実寸スケールで作品を確認し、その場で意見の交換、自作品のフィードバックができるようなアプリケーションを目指し開発を行った。開発で重視した4つのねらいについて表3に示す。また本研究で実装した機能について表4に示す。VR空間内でも実際の発表同様に教員と学生での作品の共有、作品へのフィードバックの必要性、VRを利用することによる作品の新たな発見、作品鑑賞のしやすさを確認する必要があると考え、4つの狙いを中心に開発を行った。VR空間内で発表がしやすくなるような機能、VRを活用するからその作品の見かたができるように<sup>2)</sup>考え実装をした。また本研究では建築設計製図Ⅳの履修学生が作成した3D模型を配置し実際の視線で鑑賞できるようにした<sup>2)5)</sup>。VR空間内に配置した3D模型計9つの特徴およびVR空間で配置した際の内装、外観の画像を表5に示す。

## 2-3 被験者実験について

開発したアプリケーションについて、計画系担当教員と履修学生を対象に被験者実験を行った。実験日程および参加人数を表6に示す。2021年12月14日および2021年12月15日に実施した2回の実験は担当教員と設計した学生のクリティーク、作品の再現度を確認してもらうことを目的に実施した。さらに大人数で接続した際の動作確認を目的として2021年12月22日に学生、開発者、教員計15名で接続し動作の実験を行った。2021年12月22日の実験には建築系学部3年生の有志にも参加してもらった。計3回行った実験は全て同一のアプリケーションを使用し行った。

表6 実験実施日と参加人数

実験実施日	所要時間	参加人数 <sup>※1</sup>
2021年12月14日	90分	5名 (学生3名、教員2名)
2021年12月15日	90分	4名 (学生2名、教員2名)
2021年12月22日	90分	13名 (学生12名、教員1名)

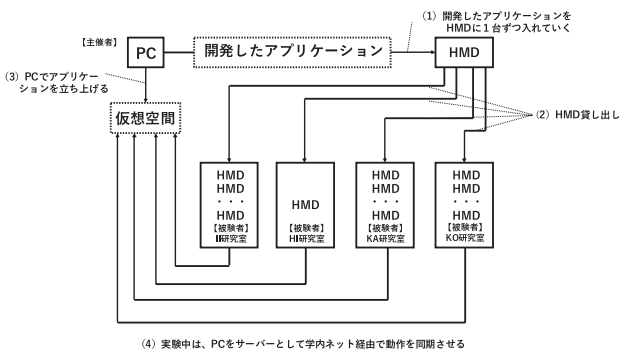


図1 実験時インターネット状況

被験者実験におけるネットワークによる通信状態を図1に示す。被験者実験の際には、あらかじめ主催者(渡邊)および被験者全員を登録したMicrosoft Teamsグループチャットを開設した。その後、主催者がアプリケーションを起動した後、グループチャット(一部は主催者からの直接声がけ)を利用し、被験者にアプリケーション起動の指示を出し、アプリ内に入室してもらった。鑑賞会は、入室した全員で順に作品を鑑賞、被験者の中に作品を制作した学生がいるときは簡単に作品について説明してもらった。鑑賞会終了後、アンケートを実施し、後日回収をし、アンケート結果をまとめた。

## 2-4 アンケートの内容

2021年12月14日および2021年12月15日に実施した実験のアンケートはSD法と四段階評価、自由記述を用いた。SD法ではアプリケーションの完成度、コンテンツとしての面白さ、実用性について、四段階評価ではアバター関係、プレゼンテーション関係、VRシステム関係についてたずねた。自由記述は、回答として言葉でほしい内容だけに絞り込んだ。

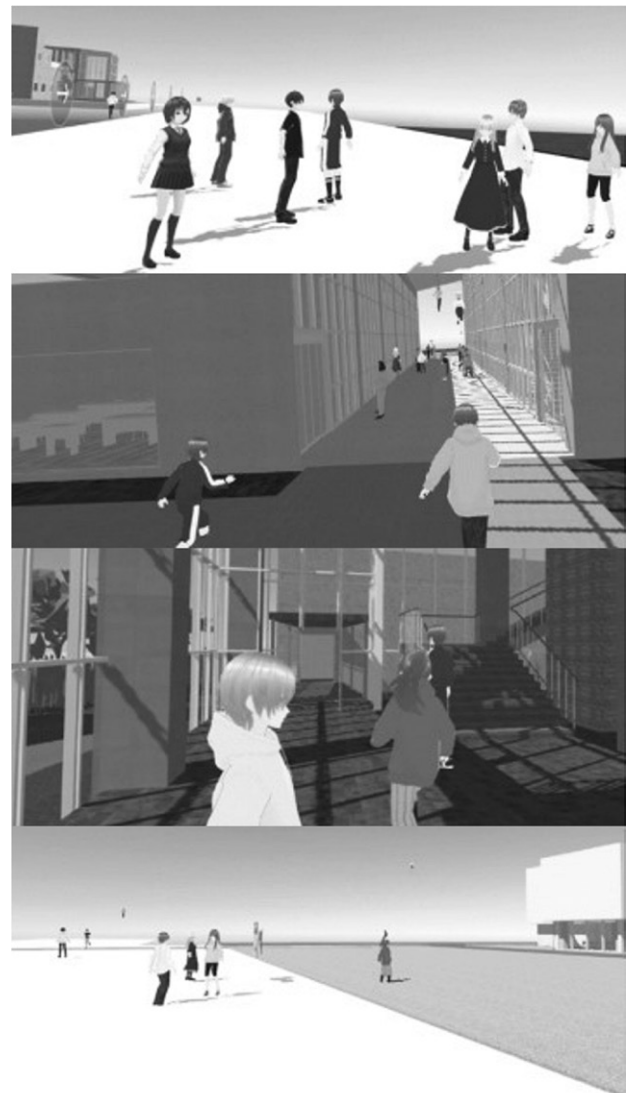


図2 実験時のアプリケーション内様子



2021年12月22日に実施した実験のアンケートでは、大人数で入室した際に起こる可能性のある、操作の不具合、画面、描画の不具合についてたずねた。

### 3. 実験結果

実験時のアプリケーション内の様子を図2に示す。また2021年12月14日および2021年12月15日に行った実験のアンケート結果を図3および表7、表8に、2022年12月22日に行った実験のアンケート結果を表9に示す。作品配置と場所によるコメントについて図4に示す。

#### 3-1 複数人での空間の共有について

図2のアバターの判別、会話のしやすさ、表7の「ボイスチャットは快適でしたか」という質問では比較的高い評価を得ることができ、アプリケーション内でのコミュニケーションがしっかりとできていることがわかる結果となった。また表8から「先生方がどこを見て意見、感想、コメントを言っているかがわかりやすかった」などの意見があったことから教員と学生との間でしっかりと空間の共有ができていることがわかる結果となった。

実験中のVRの不具合や画面酔いなどのトラブルが起きた際は、事前に開設したグループチャットを使用してトラブルに対応をしつつ実験を行い、無事に実験を終えることができた。複数人で行う際におこる可能性のある問題に対してのバックアップ体制が必要であり、今回のバックアップ体制は有効だといえる結果となった。

#### 3-2 作品のスケール感と素材感の確認について

スケール感に関しては、表8より「実寸だから、内部空間のスケールや設計の良さがわかった」「内部空間をよく伝えられそう」などといった意見があったことから建築作品のスケール確認には有効といえる結果となった。

素材感に関しては、表8より「木目やコンクリートが十分なクオリティ」「レンガタイル張りのクオリティがいまいち」といった意見があったことから素材によっての差があり、素材の表現について一部に改善が必要といえる結果となった。

また図2からわかるように、素材感やコンセプトなどの確認のために、図面の必要性は高かったが、物を掴む機能で掴めるようなサイズにしたことによって図面が見にくくなってしまい低い評価となってしまった。図面の必要性と今回の図面の表示方法は有効ではなかったといえる結果となった。

#### 3-3 複数の作品の鑑賞のしやすさについて

図4からわかるように、品を横一列で並べ作品を1つ1つ移動し、鑑賞してもらうように作品を配置した。表8より「次の作品まで遠く向かう途中で画面酔いになってしまう」として移動するためのワープ機能が欲しいなど移動に関する改善の意見が多くあり、今回の作品鑑賞のための配置は有効ではなかったといえる結果となった。また表9より描画範囲に関しては意見が分かれ、作品1つが見えれば十分と答える被験者もいれば、次の作品くらいは見えてほしいと被験者もいて、個々の描画

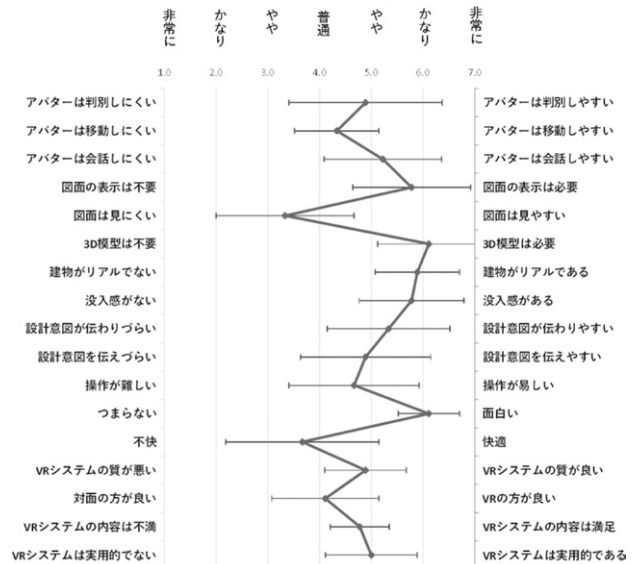


図3 SD法アンケート結果

表7 四段階評価アンケート結果

	非常にPositive	ややPositive	ややNegative	非常にNegative	無回答
アバターの操作性は快適でしたか。	0	6	3	0	0
アバターの見た目や区別の仕方はどうでしたか。	2	3	3	0	1
ボイスチャットは快適でしたか。	3	3	1	0	2
3D模型の中に入り込む事で設計意図を上手く伝えることができそうですか。	4	5	0	0	0
3D模型の中に入り込む事で他の設計者の作品の設計意図が伝わりましたか。	3	3	3	0	0
VRを活用した実験は快適におこなえましたか。	0	4	2	3	0
授業用VRシステムを使用する上で画面酔いはしましたか。	0	1	3	4	1
3D模型の中に入り込みながら実際に製図のプレゼンテーションをしてみたいですか。	2	5	2	0	0

表8 自由記述アンケート結果

良かった点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実寸だから、内部空間のスケールや設計の良さがわかった</li> <li>・内部空間をよく伝えられそう</li> <li>・図面では伝えきれない部分を伝えられそう</li> <li>・自分の設計した作品を等身大で体感できて良かった</li> <li>・木目やコンクリートが十分なクオリティ</li> <li>・先生型がどこを見て意見、感想、コメントを言っているかがわかりやすかった</li> </ul>
良くない点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・画面酔い</li> <li>・プレゼンボードの解像度が低く見えづらかった</li> <li>・レンガタイル張りのクオリティがいまいち</li> <li>・次の作品まで遠く向かう途中で画面酔いになってしまう</li> </ul>
欲しい機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動のワープ機能</li> <li>・作品周辺情報</li> <li>・自分の姿を確認する機能</li> </ul>

表9 動作確認アンケート結果

	非常にPositive	ややPositive	ややNegative	非常にNegative
大人数でのVR空間に入った際にアバターの操作性は快適でしたか。	4	8	1	0
画面のカクつきはありましたか。	4	6	3	0
描写距離は適切だと思いますか。	6	2	5	0

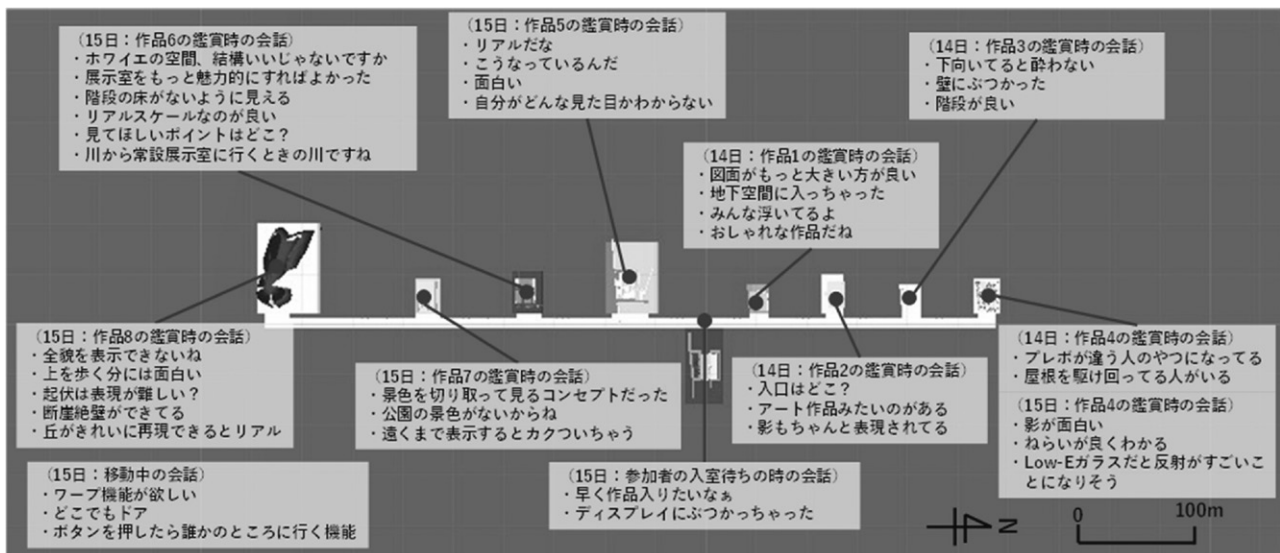


図4 作品配置と場所ごとのコメントについて

範囲がどのくらい必要かについて様々な意見があることがわかる結果となった。

### 3-4 自作品のフィードバックについて

図4から「こうなっているんだ」や「展示室をもっと魅力的にすればよかった」という意見があることから実寸でのスケールで作品を見ることによって新たな発見が見つかるということがいえる結果となった。

一方で表8の欲しい機能として作品周辺情報、図4から「公園の景色がないからね」などの作品周辺情報が必要といった意見やコメントが多くあり、作品の鑑賞の際には周辺情報が重要であり、導入を考えなければならないという結果となった。

## 4. 結論

本論文で得られた知見は以下のとおりである。

- 1) 開発したアプリケーションは、教員と学生の間で空間を共有し、会話による意見交換ができ、実寸のスケールで見ることによって新たな発見ができることから建築設計の教育において有効であった。
- 2) 複数人で技術を活用する時には、トラブルの起こった際に対応できる手段が必要であり、グループチャットはトラブルが起こった際の対応手段として有効であった。
- 3) 実寸のスケールで作品を見ることができ、VR技術はスケール感を確認するために有効であった。
- 4) 素材によっては、VR技術を利用することによって表現が不十分になってしまうことがある。
- 5) 建築作品を鑑賞する際に詳細な情報を確認するために図面は必要であり、本実験での図面の表示方法は有効ではなかった。
- 6) 複数の建築作品の鑑賞方法として作品を横一列に並べて移動しながら鑑賞してもらう方法は、移動時間が長くなり、画面酔いの原因となる有効的な方法ではなかった。

今後の課題として、作品環境の導入、描画範囲の見直し、実験時間の短縮を目的とした技術の開発に取り組んでいく。また開発したVR技術を授業に導入した際にVRの専門知識を持った人からのサポートがどれくらい必要になるか明確にできるよう研究を進める。

## 謝辞

新潟工科大学2021年度学部4年前期「建築設計製図Ⅳ」を指導された樋口秀教授、倉知徹准教授、黒木宏一准教授、および当授業の履修者には、被験者実験、および作品のデジタルデータの準備等に、献身的なご協力をいただいた。ここに感謝の意を表す。また、本研究は、2021年度および2022年度の内田エネルギー科学振興財団の補助を受けた。

## 参考文献

- 1) 飯野秋成, 片岡賢汰, 横田成海; 学生の建築設計作品の相互クリティークにおけるマルチプレイヤーモードVRの活用, 工学教育, 第69巻, 第6号, pp.87-93, 2021.12
- 2) 飯野秋成; 震災被災前の街並み写真を活用したVRによる街並みの復元, 画像ラボ, vol.32 No. 2, pp.46-54, 2021
- 3) 横堀将司, 藤倉輝道; コロナ禍時代のシミュレーション教育, 日医大医会誌, 18巻2号, pp. 129-134, 2022
- 4) 白井昭子, 佐藤克美, 堀田龍也; 中学校美術科の鑑賞の授業におけるVR教材の活用に関する一検討, 日本教育工学会論文誌42巻Suppl号, pp. 105-108, 2018
- 5) Oculus Questで空間を自由に移動するデバック用スクリプト <https://qiita.com/nkjzm/items/72ff0406e02c1cc7075c> (2023.1.30.アクセス)