

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04446

研究課題名（和文）多人数での仮想空間同時体験による建築空間特性学習効果の検証

研究課題名（英文）Verification of learning effect on architectural space characteristic by simultaneous experience of virtual space with a large number of people

研究代表者

下川 雄一（Shimokawa, Yuichi）

金沢工業大学・建築学部・教授

研究者番号：90308586

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,700,000円

研究成果の概要（和文）：建築設計教育に関する新たな試みとして、多人数での没入型VR空間同時体験による建築空間特性の学習効果を明らかにすることを目的とした。研究対象は大学院の授業で実施したVR演習の記録である。演習では各履修者が任意に建築作品を選び、前半では作品のスライド発表と意見交換を、後半では同作品の没入型VR空間同時体験による発表と意見交換を実施した。授業後、会話内容をプロトコル分析し、有向ネットワークグラフで可視化した。結果、スライド発表では建築作品に関する形式的な知識や情報に関する意見交換が多いのに対し、VR発表では体感的な理解を伴った感覚的な意見交換が相対的に多くなることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Society5.0社会としてのサイバーとフィジカルが融合した社会を実現するDXの試みがあらゆるシーンで求められている。本研究は建築分野における新たなDXの取組であると同時に、建築という体感的な理解や学びが重視される分野において、本来あるべき実寸大での建築空間特性の理解やそれを踏まえた感覚的なコミュニケーションの活性化という観点での建築教育の質的改善を目指した研究である。学術的には、既往研究において没入型VR同時体験が空間理解に及ぼす効果を明らかにした研究もごく僅かに見られるが、会話の一部に限定した定性的な分析によるものであった。本研究はプロトコル分析に基づいて定量的にその特徴を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：As a new attempt regarding architectural design education, the purpose of this study was to clarify the learning effects of architectural space characteristics through simultaneous immersive VR space experiences by multiple people. The object of this study was a record of a VR exercise conducted in a graduate school class. In the first half of the exercise, the students made a slide presentation of the architectural work and exchanged opinions, and in the second half, they made a presentation of the same work by experiencing it simultaneously in an immersive VR space and exchanged opinions. After the class, the content of the conversation was analyzed by protocol analysis and visualized in a directed network graph. The results revealed that the slide presentation was more about formal knowledge and information about the architectural work, whereas the VR presentation was relatively more about sensory exchange of opinions with experiential understanding.

研究分野：建築情報

キーワード：建築設計教育 VR コミュニケーション 仮想空間体験 メタバース 会話分析 形式知 感覚知

1. 研究開始当初の背景

元来、建築物は人々を空間的・時間的に内包するものであり、内部空間に入って初めてその建築空間の実態としての特性をより良く理解できるものといえる。これに対し、通常の建築設計教育では、実物の建築物を教室内で学生に体験させてあげることができない。そこで従来、建築の基本的なルールやエッセンスについて写真や図や言葉を添えて説明することが当たり前に行われている。しかし、あらためて考えてみると、それは実際の空間体験から身体を通して得られる感覚や情報を伝えている訳ではなく、各種の表現媒体を用いて形式化した知識を与えているに過ぎない。表現媒体の形式としては、写真や平・立・断面図、ドローイングや模型、3DモデルやCGアニメーションなど多様なメディアが使われているが、それらはいずれも紙面やスクリーンという2次元の映像として学生に伝達されるため、距離感、広さ感、奥行き感といった実存的な空間の認識尺度を伴って空間が視認される訳ではなく、移動や首振り等の身体操作を伴った空間体験もしていない。そこで、建築空間が本来持つ特性をできる限り損なわずに疑似的に体験させる方法として、HMD (Head Mounted Display) を装着してリアルスケールで軽い身体操作を含めて仮想空間を体験できる没入型 VR 技術に注目した。これに関する建築分野での既往研究として、石田ら¹⁾は没入型 VR による設計実験を通して、仮想空間における建築モデルの閲覧が身体に基づいた実際の建築空間の体験に近いものであり、非専門家の空間理解および非専門家と専門家のコミュニケーションを容易に促す効果があることを示した。関連して、研究代表者の研究室²⁾では(本研究の開始前の時点で)没入型 VR を用いて同一の建築作品を大学院生と初学者としての2年生に体験してもらう実験を行い、大学院生よりも2年生への利用効果が比較的高くなる可能性があることを示した。これらのことから、没入型 VR は非専門家や初学者が建築空間の特徴を理解するのに有効なツールである一方、別の課題もあった。それは、HMD 装着により得られる空間体験は装着者のみに限定され、他者と同じ体験を共有できない点である。そのため、複数人での空間特性の共通理解を図りづらく、コミュニケーションには不向きなものとして考えられていた。しかし、近年はソーシャル VR 技術の開発やサービスが徐々に増えてきた。ソーシャル VR とは、オンライン上の1つの仮想空間に大勢の人間がアバターとして入り、没入型 VR による多人数での空間体験や会話を可能とする技術である。コロナ禍が本格化した2020年4月には、東京大学バーチャルリアリティ教育研究センター³⁾はバーチャル空間で会議を開くための複数のソーシャル VR サービスを紹介した。それらを利用すれば、例えば、学生が作成した3DモデルをVR空間としてオンライン上に公開し、教員や他の学生達がそこに参加することで、建築空間の内外を皆で歩き回りながら説明や議論をすることができ、より実態に近い空間感覚を共有しながら建築の空間特性やデザインに関するコミュニケーションが容易に可能となる。本研究の問いは、このソーシャル VR と HMD を組み合わせた没入型 VR コミュニケーションが、建築の初学者である学生達にとって建築空間特性の共通理解やそれに基づくコミュニケーションをいかに容易にするのか、どのような影響を与えるのか、という点にある。

2. 研究の目的

以上の背景から、本研究ではリモートやデジタルだからこそ可能な、より付加価値の高い建築設計教育のプラットフォームの一つとして、没入型 VR コミュニケーションの有効性を実践的に探る研究を行うことを目的とした。そのため、研究代表者が担当する大学院授業において VR 技術と建築コミュニケーションの関係を学ぶことを目標として、没入型 VR コミュニケーションを活用した演習授業を開始した。授業内では、履修者が任意に選択した建築作品を VR モデル化し、その建築作品の VR 空間内に教員と履修者が全員で入り、没入型 VR コミュニケーションをしながら発表や意見交換を行うという演習を履修者の数だけ実施した。その意見交換の内容を授業時間外であらためて詳細に分析することで没入型 VR コミュニケーションの特性や有効性を検証する。

3. 研究の方法

具体的な演習授業の構成としては、没入型 VR コミュニケーションの比較対象として、授業前半に、従来のスライド発表による意見交換(以下、スライド発表と呼ぶ)を行い、その後、同じ建築作品を対象として、没入型 VR コミュニケーションによる発表と意見交換(以下、VR 発表と呼ぶ)を実施した。2021年度の研究では、同年度前学期の授業におけるスライド発表と VR 発表のレコーディング記録を対象とした会話分析を行い、会話構造のダイアグラム化やグラウンデッド・セオリー・アプローチによる対話構造の可視化とそれに基づく分析を行い、スライド発表と VR 発表の質の違いを明らかにすることを試みた⁴⁾。しかし、これらの可視化手法では各発表時の対話構造の差が明確に表れなかった。そこで、2022、2023年度は各年度前学期の授業(表1、2)のレコーディング記録を対象として、本研究に適した独自の発話カテゴリーを定義した上でプロトコル分析を行い、その結果を有向ネットワークグラフで可視化することでスライド発表と VR 発表の会話内容の違いを分析した。なお、分析対象とした授業の履修者数は、2021年度は7名、2022年度は11名、2023年度は8名であり、全学生が任意に建築作品を選定し、スライド発表と VR 発表に取り組んだ。VR 閲覧環境については、ソフトウェアとして

2022年度はソーシャルVRサービスHubs、2023年度はUnrealEngineのCollabViewerを使用した。ハードウェアとしてVRのHMDは両年ともMeta Quest2を使用した(図1, 2)。

表1 2022年度の授業スケジュール

週	授業内容		
1	授業概要、課題内容、建築作品選定等の説明		
2	VRデスクトップ体験(Webブラウザでの閲覧・操作)		
3	VR没入体験(VRヘッドセットとコントローラーでの閲覧・操作)		
4	VRデータ作成方法の説明1、スライド発表要領の説明		
5	A 森山邸(西武立衛)	B 海の博物館(内藤慶)	C 神奈川の家(谷尻誠ほか)
6	D 料谷本店(平田晃久)	E 千住博美術館(西武立衛)	F 鈴木大漆館(谷口吉生)
7	G 水の教会(安藤忠雄)	H 在吉の長屋(安藤忠雄)	I 狭山ハウス(中川ユリカ)
8	J KAIT工房(石上純也)	K アトリエスタジオール(前田圭介)	
9	VRデータ作成方法の説明2		
10	VRデータ作成方法の説明3、VR発表要領の説明		
11	D 料谷本店	C 神奈川の家	
12	A 森山邸	E 千住博美術館	F 鈴木大漆館
13	G 水の教会	H 在吉の長屋	I 狭山ハウス
14	J KAIT工房	K アトリエスタジオール	B 海の博物館
15	授業の振り返りディスカッション、自己点検		

表2 2023年度の授業スケジュール

週	授業内容		
1	授業概要、課題内容、建築作品選定等の説明		
2	VRデスクトップ体験(Webブラウザでの閲覧・操作)		
3	VR没入体験(VRヘッドセットとコントローラーでの閲覧・操作)		
4	VRデータ作成方法の説明1、スライド発表要領の説明		
5	a HOUSE K(KAIT)	b 国立西洋美術館本館(ホ・コレビジュ)	c miyasaki(山田紗子)
6	スライド発表	d 食室付きアパート(仲渡治ほか)	e TokyoApartment(藤本壮介)
7	f 梅林の家(妹島和重)	h House H(藤本壮介)	f 白の家(藤原一男)
8	VRデータ作成方法の説明2		
9	VR没入体験接続テスト1		
10	VR没入体験接続テスト2		
11	b 国立西洋美術館本館	d 食室付きアパート	
12	c miyasaki	f 白の家	
13	VR発表	e TokyoApartment	h House H
14	f 梅林の家		
15	a HOUSE K		
16	授業の振り返りディスカッション、自己点検		



図1 2022年度のVR発表風景

(左: コロナ禍のためリモートで実施、右: Hubs 上でのVRコミュニケーション風景)

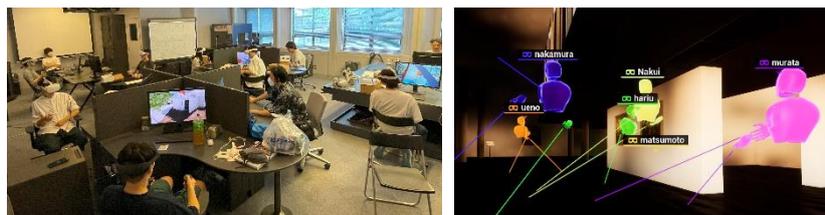


図2 2023年度のVR発表風景

(左: 同室で実施、右: UnrealEngine CollabViewer でのVRコミュニケーション風景)

4. 研究成果

4-1. 分析方法

2年目と3年目に実施した授業におけるスライド発表とVR発表の会話分析の方法を紹介する。スライド発表とVR発表で明確な差を表現しうるカテゴリーを定義するため、他の既往研究で用いられた発話カテゴリーの調査を行った。本研究では、VRを用いた打合せ内容を分析した馬淵ら⁵⁾の研究や公的場面での議論構造の推移の把握を試みた岩見らの研究⁶⁾等を参考にし、本研究の目的を踏まえながら10個のカテゴリーを設定した(表4)。大分類として「質問」「感想」「意見」「その他」があり、「質問」「感想」「意見」はそれぞれ感覚的と知識的の二つに分類した。これらのカテゴリーを用いて2年度分の全19作品の意見交換に対してカテゴリー分類及び集計を行った。ただし、意見交換前の発表者の説明内容は分析対象に含まない。また、意見交換には教員1名(研究代表者)の発話も含めた。

表4 発話カテゴリーとその定義

大分類	カテゴリー	定義
質問	感覚的質問	発表で提示されたビジュアルな情報(スライドの写真・図面やVR空間内での視覚体験)を見て生じた、疑問
	知識的質問	感覚的質問以外の質問
感想	感覚的感想	発表で提示されたビジュアルな情報(スライドの写真・図面やVR空間内での視覚体験)を見て生じた、思ったこと・気づいたこと
	知識的感想	感覚的感想以外の感想
意見	感覚的意見	発表で提示されたビジュアルな情報(スライドの写真・図面やVR空間内での視覚体験)を見て生じた、他人と異なる意見・ある問題に対する考え・主張・推察
	知識的意見	感覚的意見以外の意見
その他	知識・情報	直前の発表や発話内容に関連する知識や情報・事前に行った調査に基づく情報・過去の学習や実体験で得た知識や情報の共有
	同意・理解	発話に対する同意・不同意や理解・理解不足の伝達、納得
	確認	発表内容・資料や特定の人に対する理解が不十分な点の確認・再確認
	返事	特に意味のない発話

発話カテゴリーによる分類結果の客観性を保つために発話分類の再現性を確認した。再現性確認の方法は、建築を学ぶ大学院生 2 名（院生 A、B）の協力のもと、一部の発話データに対して実際に分類を行ってもらい、分析を担当した大学院生と院生 2 名の分類結果の一致率を調査した。分類を行う発話データは、1 作品分（榎谷本店）のスライド発表と VR 発表の意見交換（発話数 66 件）とした。流れとして、発話カテゴリーとその定義を説明後、予め作成した分類例を参照してもらいながら院生 2 名に分類を行ってもらった。発話カテゴリーの定義に不明な点がある場合はその都度説明を行った。一致率の算出方法として、カッパ係数 (Cohen's Kappa) による算出を行い、その数値の指標に基づいて一致率の判定を行った。指標には Landis らの研究⁷⁾ で用いられた指標を用いた。その結果、院生 A は K (カッパ係数) = 0.83、院生 B は K = 0.81 となり、目標としていた一致率 0.81 以上の数値を得られたため、残りの発話データへの分類は分析を担当した大学院生によって全て行った。

4-2. 分析結果

スライド発表と VR 発表における各カテゴリーの発話数を分析した結果、スライド発表では知識的カテゴリーが配置されているレーダーチャート左側に発話数が多くなり（図 3）、VR 発表では感覚的カテゴリーが配置されているレーダーチャート右側に発話数が偏っていることが確認できた（図 4）。発話数の多いカテゴリーは、スライド発表では「知識的質問」「知識的意見」「知識・情報」、VR 発表では「感覚的質問」「感覚的感想」「知識・情報」「同意・理解」であった。どちらの発表形式においても 2022 年度と 2023 年度及びその合計を表したグラフの形が相似形となっており、カテゴリー発話数のバランスの傾向は発表形式内で共通した傾向となる可能性が高いと考えられる。

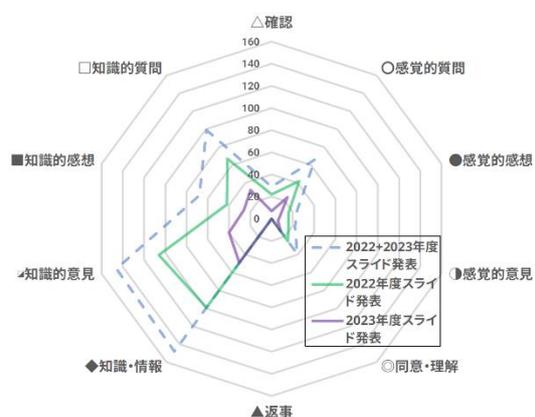


図 3 スライド発表と各カテゴリーの発話数

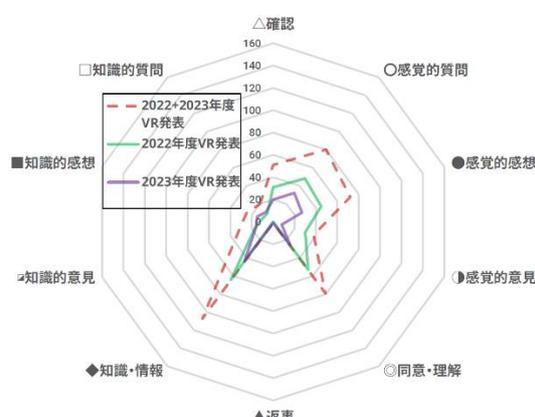


図 4 VR 発表の各カテゴリーの発話数

各発表形式の 2 年分のカテゴリーごとの発話数を重ね合わせて比較した（図 5）。スライド発表は知識的質問や知識的意見等の知識的な発話カテゴリーの発話が多く、VR 発表は感覚的質問や感覚的感想等の感覚的な発話カテゴリーの発話が多くなっていることが顕著に表れている。

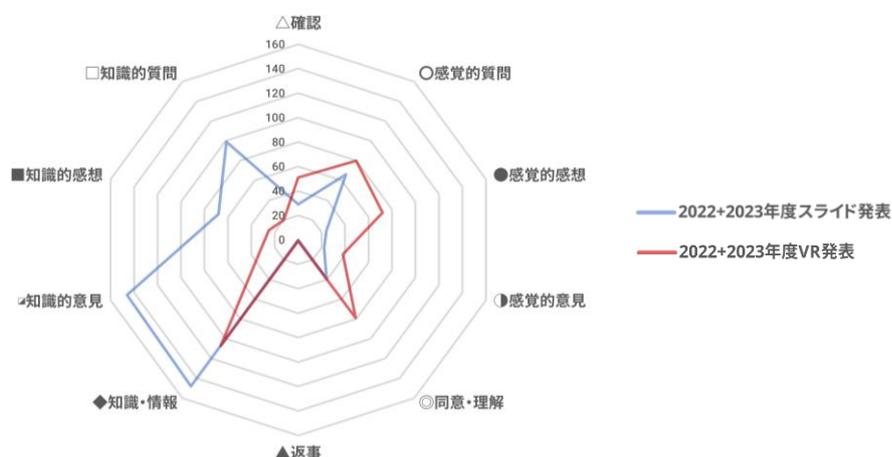


図 5 スライド発表と VR 発表の発話カテゴリーの集計結果

次に、両発表形式における発話中の発話の流れを有向ネットワークグラフで分析した（図 6、7）。各カテゴリーの頂点の大きさはそのカテゴリーの発話数、辺と矢印の向きは発話の前後関

係、辺の太さは各関係の発話数を表す。スライド発表と比較してVR発表はグラフ左側の青い辺の太さが細くなり、グラフ右側の赤と緑の辺が太くなっていることが読み取れる。このことから、スライド発表では知識的な（形式化された）情報の交換による会話展開が比較的多く、それに比べてVR発表では感覚的な情報の交換による会話展開が相対的に増えたと考えられる。また、カテゴリー別でいえば、特に「感覚的感想」を起点とした他の発話カテゴリーへの会話展開が増えていることが特徴的に読み取れる。これは、VR空間をリアルスケールで体験したことで、空間の感想を他者へ伝える発話の頻度が相対的に増えていたと考えられる。

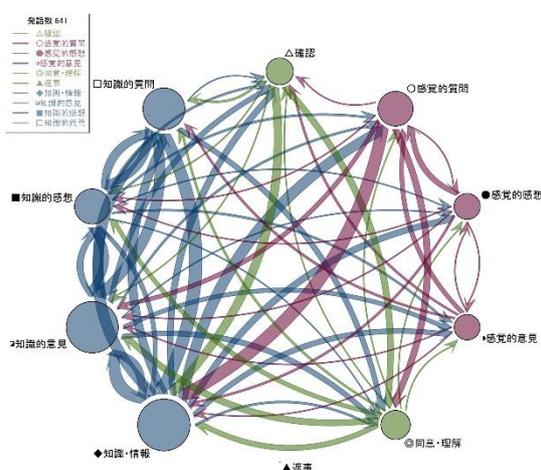


図6 スライド発表の発話カテゴリー間の関係

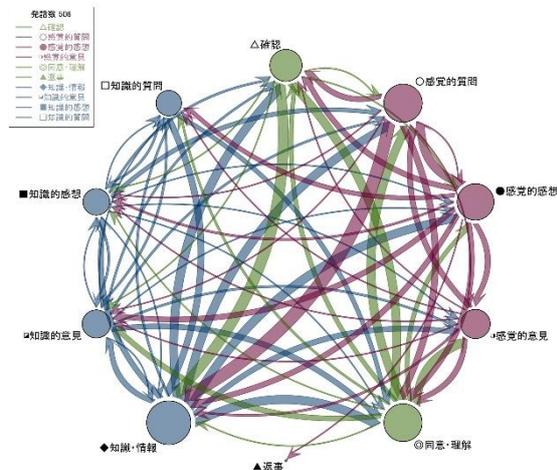


図7 VR発表の発話カテゴリー間の関係

4-3. まとめ

以上の分析を通して、スライド発表とVR発表では発話カテゴリーの性質や会話展開の傾向が大きく異なる可能性があることが明らかになった。具体的には、従来のスライド発表は知識的な情報交換が主であったのに対し、没入型VRコミュニケーションは相対的に知識的な情報交換の量が減少し、感覚的な空間特性の理解に伴う発話の量が増加する傾向があると考えられる。今後の課題として、本研究では2年分のデータしか分析できなかったが、同様の演習授業と分析を重ねることで今回の分析結果の信頼度を高めることができると考える。

謝辞

本研究の遂行に際しては大学院生の小林諒馬氏(2023年度当時)に多大な協力をいただいた。心より謝意を表す。

参考文献：

- 1) 石田康平、酒谷粹将、田中義之、千葉学：VRを通じた空間の経験が設計プロセスに与える影響 建築設計における創造的プロセスを支える対話ツールとしてのVRに関する研究(その1)、日本建築学会計画系論文集、第84巻、第761号、pp.1579-1587、2019
- 2) 牛山佳彦、下川雄一：VRによる建築作品の理解度向上効果の検証 幼稚園建築とゲストハウス建築を事例に、日本建築学会情報システム技術委員会第42回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、pp.28-31、2019
- 3) 東京大学バーチャルリアリティ教育研究センター：VRセンターが教えるVRサービスを使って簡単にバーチャル空間で会議を開く方法、<https://vr.u-tokyo.ac.jp/instructionvrsns/>、(参照2024年6月20日)
- 4) 小林諒馬、下川雄一：没入型VRコミュニケーションを活用した授業におけるディスカッション特性の分析、第45回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集 pp.210-213、2022
- 5) 馬淵大宇：VRを用いた建築基本設計打合せを対象としたコード分析手法に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.623-624、2019
- 6) 岩見麻子、木村道徳：公共的意思決定過程の議事録に対する会話分析による議論構造の可視化、環境情報科学学術論文集 35 pp.197-202、2021
- 7) J. R. Landis, G. G. Koch: The measurement of observer agreement for categorical data, Biometrics 33(1), pp. 159-174, 1977

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 下川雄一、小林諒馬	4. 巻 31
2. 論文標題 仮想空間を活用した建築教育DXの実践 - VR SNSによる建築空間のリアルスケール観察と議論の効果 -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 工学教育研究;KIT progress	6. 最初と最後の頁 64-73
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 下川雄一、小林諒馬
2. 発表標題 多人数でのVR空間同時体験による建築空間特性学習効果に関する研究（その1）
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（教育）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林諒馬、下川雄一
2. 発表標題 多人数でのVR空間同時体験による建築空間特性学習効果に関する研究（その2）
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（教育）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林諒馬、下川雄一
2. 発表標題 VRを活用した授業における建築作品観察時の発話特性に関する研究
3. 学会等名 第46回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林諒馬、下川雄一
2. 発表標題 没入型VRコミュニケーションを活用した授業におけるディスカッション特性の分析
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（情報システム技術）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林諒馬、下川雄一
2. 発表標題 没入型VRコミュニケーションを活用した授業におけるディスカッション特性の分析
3. 学会等名 日本建築学会：第45回 情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 下川雄一
2. 発表標題 建築情報教育実践事例その2 金沢工大の授業紹介を中心に
3. 学会等名 日本建築学会：第45回 情報・システム・利用・技術シンポジウム：研究集会「続・建築DXに向けた教育」（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 下川雄一、小林諒馬
2. 発表標題 多人数でのVR空間同時体験による建築空間特性学習効果に関する研究（その1）
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（教育）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林諒馬、下川雄一
2. 発表標題 多人数でのVR空間同時体験による建築空間特性学習効果に関する研究（その2）
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集（教育）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林諒馬、下川雄一
2. 発表標題 没入型VRコミュニケーションを活用した授業におけるディスカッション特性の分析
3. 学会等名 2022年度日本建築学会大会（北海道）学術講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

金沢工業大学・国際高等専門学校 機関リポジトリ https://kitir.kanazawa-it.ac.jp/infolib/meta_pub/detail
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------