

設計教育を目的とした VR 建築教材における音声ガイドの効果 The effect of audio guide in architectural VR materials for design education

○牛山 佳彦*¹, 下川 雄一*²
Yoshihiko Ushiyama*¹, Yuichi Shimokawa*²

*1 金沢工業大学大学院工学研究科建築学専攻 学士(工学)
Graduate Student, Kanazawa Institute of Technology, B.Eng.

*2 金沢工業大学建築学部建築学科 教授 博士(工学)
Professor, Dept. of Architecture Kanazawa Institute of Technology, Dr.Eng.

Summary: Practical experience of architecture is important for deepening students' knowledge. However, as a student, there are some constructions where it is difficult to actually go there and experience the construction.

Against this background, Honda ¹⁾ conducted a research on the creation and effectiveness of architectural teaching materials for students using the VR model in 2017. As a result, it was found that the learning effect can be enhanced by using the paper material together with the VR teaching material. In addition, Ushiyama et al. ²⁾ conducted research on how to use VR teaching materials for architectural learning and their effects in 2018. The study also found that among graduate students and undergraduate students, learning effects were higher in undergraduate students.

On the other hand, in both studies, the VR model could not read the design intent or originality, and the overall understanding of the design purpose was low. In order to solve this problem, in this research, we develop the contents which can hear architectural photographs and design intent in a virtual space, and verify the effect.

キーワード: 没入型 VR; 設計教育; 学習支援; 音声ガイド; 建築写真

Keywords: Immersive Virtual Reality; Design education; Learning support; Audio guide; Architectural photography.

1. はじめに

1.1. 研究背景と目的

近年、建築分野において VR (Virtual Reality, 仮想現実) は設計支援や企業の防災教育など多様な活用が見られる。しかし、学生に対する建築設計教育を目的とする活用事例は少ない。このような背景から、筆者らの研究室では HMD (Head Mounted Display) の装着を前提とした VR による学生向けの建築学習教材 (以下、VR 教材) の有効性に関する研究を進めている。本多による先行研究 ¹⁾ では、VR 体験をしてから当該建築に関する専門資料を読む予習型よりも、資料を読んだ後に VR 体験をする復習型の方が比較的高い学習効果があることが分かった。また、筆者ら ²⁾ による建築知識の取得段階による VR 教材の学習効果の違いに関する研究では、大学院生よりも学部 2 年生の方が、学習効果が高い結果となった。一方、視覚的な体験のみを提供する VR 教材ではその建築物の設計意図や創意点などが伝わりづらいため、設計主旨の理解度がその他の項目より低いことも明らかとなった。そこで本研究では、VR の視覚情報に聴覚情報を加えることにより対象建築物の設計主旨をより良く伝えられる可能性があると考え、音声ガイド付きで仮想の建築空間

を視聴できる VR 教材 (以下、ガイド付き VR 教材) の作成とその効果の検証を行ったので報告する。

1.2. 関連する既往研究

VR を用いた建築の理解度促進についての既往研究として石田 ³⁾ らによる没入型 VR 体験が設計プロセスに与える影響についての研究と鎌田 ⁴⁾ らによる非没入型 VR を導入した設計会議における施主の意思決定支援に関する研究があげられる。いずれの研究においても、VR により非建築専門家の空間認識力が高まる事例が確認されている点は興味深い。しかし、どちらも学生の理解度促進を目的とした視覚体験以外の方法については触れられていない。また、VR を用いた学生に対する学習支援の既往研究として Brazley, M.D. ⁵⁾ による VR を用いた学生の空間視覚化能力向上を目的とした研究が挙げられる。この研究では、VR により学生が建築プロジェクトについての理解度が深まったと述べられているが、その詳細までは検証されていない。本研究では、設計主旨を含め 10 項目で建物の基本構成の理解度を検証する。

1.3. 研究方法

本研究では、2 年生の設計演習科目における幼稚園課題に即して、課外での補助教材としての活用を目的とし

た幼稚園建築のガイド付き VR 教材を作成した。対象建物は、はくすい保育園⁶⁾ とふじようちえん⁷⁾ の 2 事例とした。被験者実験を行い易い時期に同演習が実施されていたことが幼稚園建築を選んだ理由といえる。2 年生の希望者に体験してもらい、アンケート評価を行うことでその効果を検証した。

2. ガイド付き VR 教材の作成

2.1. 作成環境

3 次元モデルの作成には ARCHICAD を用い、ガイド付き VR 教材の作成には Unity を用いた (Figure 1,2)。Unity

のプラグインである BIM Importer を活用し、ARCHICAD の 3D モデルを Unity に取り組み、場所に応じた音声ガイドの組み込み等、仕上げ加工を施した。VR ヘッドセットには HTC Vive を利用した。

2.2. 音声ガイドの組み込み

対象建築を紹介した建築雑誌の記事⁶⁾⁷⁾や設計者自身による Web サイトでの説明⁸⁾⁹⁾を参考に音声ガイドの原稿を作成し肉声による録音を行った。各音声ガイドは場所毎にそこに相応しい内容とし、計画・設計がより明確に伝わりそうな特定の場所に紐づけ、再生ボタンを配置する形で 3D モデルに組み込んだ。再生ボタン (Figure 3)



<音声ガイド>

「今回体験する建築は、千葉県佐倉（さくら）市にある「はくすい保育園」です。敷地面積約 1046 ㎡、延べ床面積約 530 ㎡、地上 2 階建ての在来軸組木造で 2014 年に竣工しました。はくすい保育園を設計したのは、「山崎健太郎デザインワークショップ」。山崎健太郎が代表取締役を務める 1 級建築士事務所です。このはくすい保育園は、隣地で特別養護老人ホームを営む社会福祉法人誠友会が事業主となっており、「保育園は大きな家である」という考えに基づき「大きな家」「原体験をつくる場所」「地域の縁側」の 3 つのテーマから建築計画が進められました。また、敷地は市街化調整区域となっているため、新たに建築物を建てたり、増築したりすることが抑制されています。しかし、この敷地は南に緩やかな傾斜があり、周囲を木々に囲まれたとても魅力のある場所です。そのため、既存の木をなるべく残すようにし、南側に緩やかに下る約 5m の傾斜地を活かした計画となっています。」



<音声ガイド>

「はくすい保育園の保育室は、レベル差を利用して階段状に配置されています。間仕切りで保育室をつくるのではなく、斜面に沿った 740 mm の段差によって保育室を規定しているのです。これは、各保育室同士、例えば 3 歳の子どもと 5 歳の子どもが同じ空間を意識できるような構成になっており、3 歳の子どもが寝ている 5 歳の子どもが側で遊んでいるといった生活リズムの違いは、はくすい保育園のテーマの 1 つ「大きな家」の特徴として捉えています。はくすい保育園では、部屋にならないことで起こるデメリットより、死角を極力つけないことを優先されました。段差の安全対策も必要最低限にとどめられ、運営する中で対応を講じるといった運営側の理念が引き継がれたのです。また、各保育室の端部に 370 mm の段差を設けることで行き来を可能にし、将来的に収容する子どもの年齢構成の変化や異なる年齢保育へ対応できる柔軟な空間構成となっています。」

Figure 1. VR model of Haku-sui kindergarten (left : checkpoint 1 , right : checkpoint 3)



<音声ガイド>

「今回体験する建築は東京都立川市にある「ふじ幼稚園」です。敷地面積約 4800 ㎡、延べ床面積約 1304 ㎡、地上 1 階建ての鉄骨構造で 2007 年に竣工しました。設計者は「手塚貴晴（たかはる）」「手塚由比（ゆい）」。1994 年に 2 人で「手塚建築研究所」を設立し、代表的な作品には「屋根の家」「デッキの家」などがあります。ふじ幼稚園で「手塚貴晴」「手塚由比」が、画策したのは「時代の最後尾」。そこにあるのは、私たちが現在置き忘れた「喜び」の宝庫です。現代の便利さは園児たちの感覚を奪っています。雨が降れば土が濡れぬかるむこと、人を叩けば怪我をすること、電球が光る理由を知らません。「手塚貴晴」「手塚由比」は、この建築を通して時代を超えても変わらない人間社会共通の価値観、つまり「あたりまえ」を伝えていくことを考えていました。」



<音声ガイド>

「この「ふじようちえん」には仲間外れがありません。建物の端の部屋は隔離された傾向になりがちです。しかし、この園舎では、隠れるところがなく、互いの空間同士が丸見え状態なのです。各クラスの領域を示すのは、キリ材のパーテーションと積み上げられた棚ブロックだけであるため、隣の音も筒抜けです。雑音の多い空間はどうかと、そう思われるかもしれませんが、雑音の多い空間の方が集中力のある園児に育つ傾向にあるようです。」

Figure 2. VR model of Fuji kindergarten (left : checkpoint 1 , right : checkpoint 4)

は、はくすい保育園では5箇所、ふじようちえんは6箇所に配置した。Figure 1,2で音声ガイドの一部を紹介する。ここで、音声ガイドの内容は建築雑誌とWebサイトの情報を合わせているため建築雑誌のみよりもやや充実しているが、設計主旨の内容として差はない。



Figure 3. SoundPad(left) and ImagePad (right)

2.3. その他の機能

① 使用した VR ヘッドセットのコントローラが備える Haptic Feedback 機能を利用し、3D モデルの表面にコントローラが当たった際に振動し、手へ刺激を与えられるようにした。

② 再生ボタンと同じ位置および+αの場所に、その場所から撮影された写真及び現在地を示した平面図を表示できるボタン (Figure 3) を配置した。各データの配置理由として、写真は、VR モデルでは表現が難しい明るさ感や素材感及び人のアクティビティを確認するためである。平面図は、現在地の確認に加え、間取りや部屋の配置構成を理解しやすくするためである。

③ VR 空間内での移動方法は、閲覧時間の短縮と VR 酔いの軽減を意図してテレポート移動とした。

3. 評価実験

3.1. 実験概要

ガイド付き VR 教材と比較対象としての音声ガイド無し VR 教材 (写真と図面も無し) を 2 年生各 15 人の計 30 人 (Table 1) に体験してもらい、建築の理解度確認を目的としたアンケート評価を実施した。また、体験時間や再生ボタンの配置場所 (以下、チェックポイント) の通過状況も記録した。以上のアンケート結果と記録を分析し、ガイド付き VR 教材の効果について考察した。

Table 1. Number of subjects in viewing experiments

	はくすい保育園	ふじようちえん
ガイド付き	15人	15人 (左記と同一閲覧者)
ガイド無し	15人	15人 (左記と同一閲覧者)

3.2. 実験手順

閲覧実験は、VR 教材の種類ごとに以下の手順で、初めに「はくすい保育園」、次に「ふじようちえん」の順に体験してもらった。実験の様子を Figure 4 に示す。

ガイド付き VR 教材

- ①ガイド付きVR教材の体験
- ②建築作品の理解度についてアンケート回答
- ③VR教材の機能の効果についてアンケート回答

ガイド無し VR 教材

- ①当該建築作品の資料⁶⁾を閲覧
- ②建築作品の理解度についてアンケート回答
- ③ガイド無し VR 教材の体験
- ④建築作品の理解度についてアンケート回答

ここで、ガイド無し VR 教材における①の資料閲覧の意図は、設計主旨や建築の見所を理解してもらうためである。先行研究¹⁾において資料を読んだ後に VR 体験をする復習型の方が理解度が向上する傾向が見られたことを第 1 章で述べた。それを参考として、上記①～④の流れで実験を行った。また、どちらの教材も体験者が十分だと思うまで体験してもらい、その経過時間も記録した。

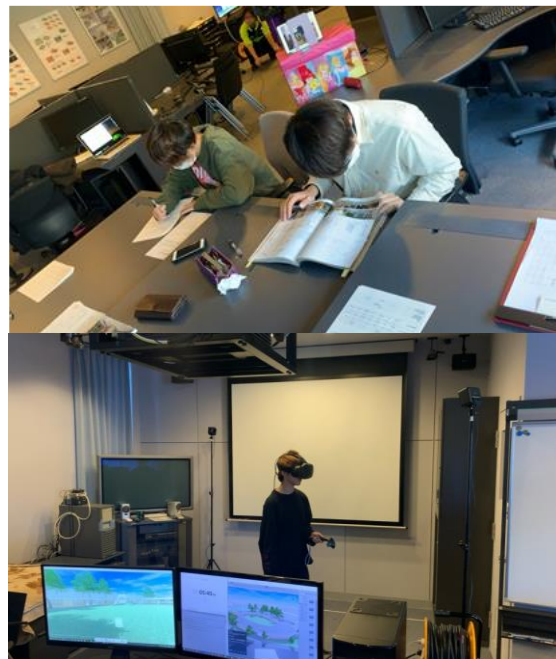


Figure 4. Experiment scene

3.3. アンケートについて

アンケートは、各建築の基本構成の理解度確認を中心とした 10 項目について 7 段階で評価するものとした (Table2)。但し、はくすい保育園では家具が配置されている資料がないため設問⑥はふじようちえんのみ含めた。これをガイド付き VR 教材では VR 体験後にのみ回答してもらった。ガイド無し VR 教材では、資料閲覧後と VR 体験後にそれぞれ回答してもらった。また、建築の理解

度に関する設問に加え、VR 教材の機能の効果に関する設問も設けた (Table3)。

Table 2. Questionnaire about understanding building feature

①	設計主旨をどの程度理解できたと思いますか
②	空間構成をどの程度理解できたと思いますか
③	領域の区切り方を //
④	内部と外部の関係性を //
⑤	建具 (窓やドア) の構成を //
⑥	家具 (机や椅子、本棚等) の配置状況を //
⑦	ランドスケープ (地形や植栽) と建築の関係を //
⑧	空間スケール (規模や距離感) を //
⑨	材質や色彩の雰囲気 を //
⑩	光の入り方や明るさを //

4. 実験結果と分析

4.1. 建築の理解度

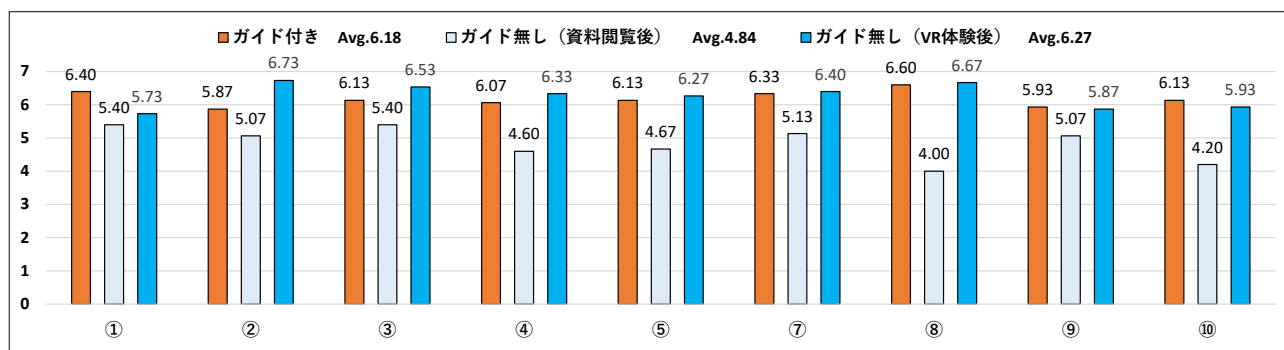
ガイド付き VR 教材の体験後及びガイド無し VR 教材の実験における資料閲覧後と VR 体験後の理解度のアンケート (Table2) を集計し、設問毎の平均値を建築別にまとめた (Figure 5)。尚、ガイド付き VR 教材のふじようちえんの実験にて体験者 1 名が、アンケート回答前に途中離脱したため計 14 名となっている。まず、ガイド付き VR 教材とガイド無し VR 教材の体験後の理解度を比較すると、設問による差異はあるものの概ね同程度の理

Table 3. Questionnaire about functionality of VR material

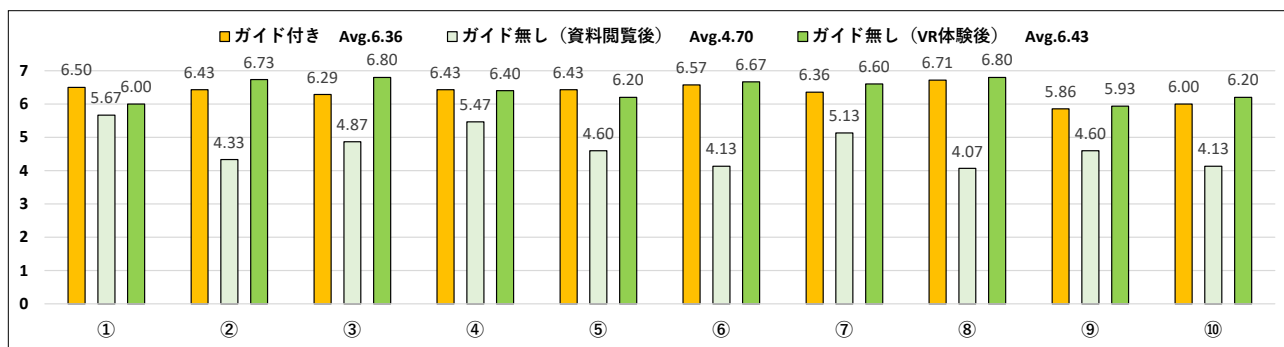
A	A-1	壁や床、家具等に接触するとコントローラが振動する機能 (Haptic Feedback機能) はスケール感や距離感、大きさを感じる上で役に立ちましたか
	A-2	役に立ったと答えた人は仮想空間での距離感と現実での距離感に違和感を感じましたか
	A-3	役に立たなかったと答えた人は、その理由を教えてください
B	※1	チェックポイント以外の場所も自由に散策することができましたか
C	C-1	仮想空間で閲覧した画像は見やすかったですか
	C-2	見え難かったと答えた人は、どのように見え難かったのかを教えてください
D	D-1	※1 今回体験したVRには音声ガイド機能や画像表示機能がありました。このような機能は必要だと思いましたか
	D-2	※2 ガイド無しのVR教材を体験してみて、音声ガイドによる説明や建築写真の画像を閲覧できるといった機能は必要だと思いましたか
	D-3	必要だと答えた人は、なぜそう思ったのか理由を教えてください
	D-4	必要でないとした人は、なぜそう思ったのか理由を教えてください

※1 ガイド付き VR 教材の体験者のみ対象

※2 ガイド無し VR 教材の体験者のみ対象



i. はくすい保育園 (N=15)



ii. ふじようちえん (N=14)

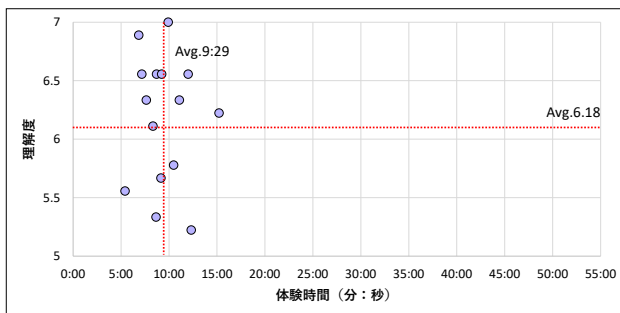
Figure 5. Level of understanding architectural feature after experiencing VR material and reading document

解度となっている。尚且つ、いずれも資料閲覧後の理解度よりも高い理解度となっていることがわかる。これはヘッドセットを装着して建築空間を体験することが建築雑誌の記事を読むこと以上に多くの理解を促してくれる可能性を示すものと考えられる。2種のVR教材の差を見ていくと、ガイド付きよりもガイド無しの方が若干理解度が高くなっている傾向がある。その要因として、関連する内容を、変化をつけながら学ぶことで学習効果が高まるというインターリーブ学習¹⁰⁾の影響や、後述する閲覧時間の長さが影響していると考えられる。ここでのインターリーブ学習の形としては、一度、資料中の文章や図面・写真で建築の設計意図や基本構成を把握し、その建築に対する空間体験意欲が高まった状態でVR体験をしたことで、より理解が深まったのだと考えられる。一方、そのような中でも①設計主旨の理解度だけは、いずれの建築においてもガイド付きの方が理解度が高い。このことから、ヘッドセットを装着して仮想空間を体験しながら設計主旨の説明を受けるという学習形態には、資料閲覧後にガイド無しのVRを閲覧するという復習型の学習形態よりも設計主旨の理解度を高めてくれる可能性があると考えられる。関連して、ガイド無しVR教材において①設計主旨は、資料閲覧後からVR体験後の理解度がほとんど上がっていないことも指摘しておきたい。その他、両建築を通じて、2種のVR教材ともに理解度が相対的に低い項目として、⑨材質・色彩と⑩明るさが

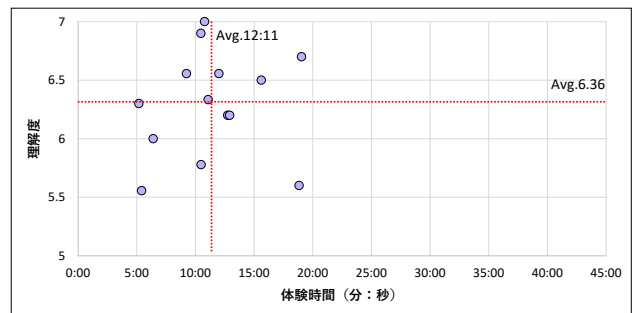
挙げられる。これは、作成したVRモデルにおける材質・色彩や光環境の再現性におけるリアリティの不足が原因と考えられる。

4.2. 体験時間と理解度

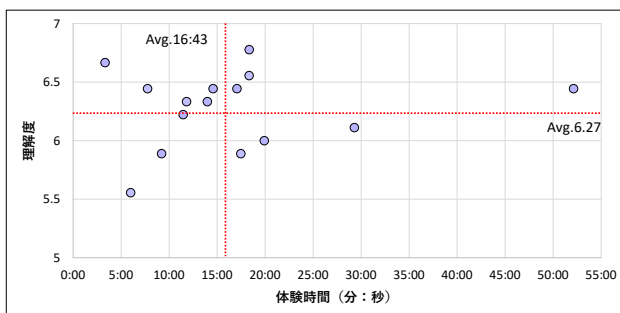
VR教材の体験時間と理解度の関係を教材の種類ごとおよび建築ごとにまとめた(Figure 6)。各プロットは各体験者の全設問の理解度の平均値を表している。ガイド無しVR教材の平均体験時間が16分43秒(はくすい保育園)と19分38秒(ふじようちえん)に対し、ガイド付きVR教材の平均体験時間は9分29秒(はくすい保育園)と12分11秒(ふじようちえん)であり、いずれも2/3程度となった。また、2つの建築ともに、ガイド付きの方がガイド無しよりも体験時間のばらつきが少なかった。その要因として、ガイドの再生時間が限られていることや次のチェックポイントの存在や位置が示唆されていたことが影響したと考えられる。これに関して、後出のFigure 7に示したVR教材の機能に関するアンケートBの回答で、全員が「自由な散策ができた」と回答していることから、音声ガイドにより、強制的に閲覧時間の短縮が迫られたわけではないことも補足しておきたい。一方、各VR教材において、はくすい保育園よりもふじようちえんの方が体験時間が長くなっていた。これは、建物の規模や場所毎の空間の多様さが影響したと考えられる。



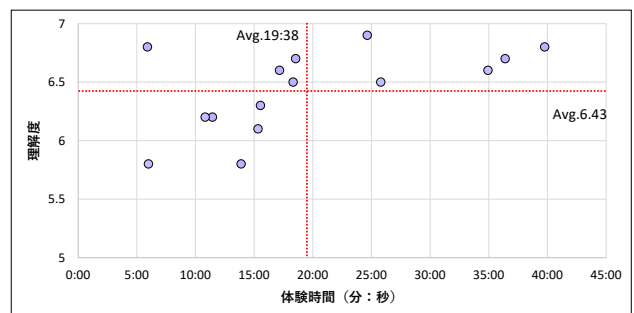
(a)ガイド付き VR 教材 はくすい保育園



(c)ガイド付き VR 教材 ふじようちえん



(b)ガイド無し VR 教材 はくすい保育園



(d)ガイド無し VR 教材 ふじようちえん

Figure 6. Relationship between experience time and level of understanding

4.3. 機能の評価

Figure 7 は、VR 教材の機能に関するアンケート (Table3) の回答をまとめたものである。

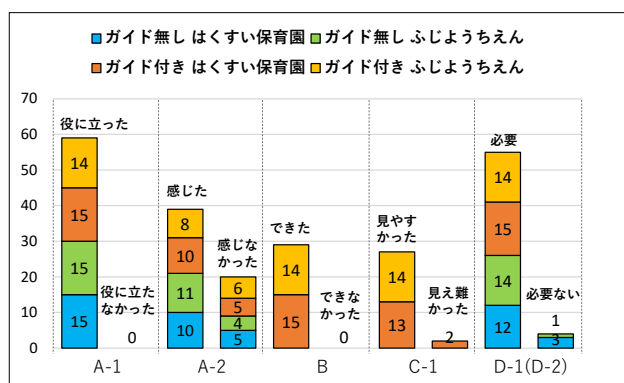


Figure 7. Number of responses for VR function evaluation

A-1 の設問について、Haptic Feedback 機能は、全ての体験者から「役に立った」と回答されたものの、続く A-2 の設問では、現実との距離感に違和感があったと約 1/3 の体験者が回答した。これは、その理由を問う A-3 の設問の自由記入欄に「自分の体がないため、どこに立っているのか分からない」という主旨の回答が複数あったこと等から、仮想空間内（体など自身の位置がわかるものがない環境）における自身の目の位置と視対象オブジェクトとの距離感に不慣れであることが影響していると考えられる。また、VR 体験中にデバイスのトラッキングが不安定になり、仮想空間内の手オブジェクトの位置にズレが生じたケースがあったことも要因と考えられる。一方、ガイド付き VR 教材の体験者を対象とした音声ガイドや画像表示の必要性を問う D-1 の設問では全体験者が「必要」と回答したことにに対し、ガイド無し VR 教材の体験者を対象とした同様の設問 D-2 では僅かながら「必要ない」と回答した体験者がいた。その理由を問う D-4 の設問では「資料のみで十分理解できる」や「音声ガイド等のほかの情報があるとそれに自分の行動が左右されてしまい自由に動き回りにくくなる」といった回答が見られた。

5. 考察

前章においてガイド付き VR 教材が設計主旨の理解という点で効果が高い可能性を述べた。VR で建築空間を体験しても設計主旨の理解度が上がらないことは先行研究²⁾からの大きな課題であった。今回の実験は、その解決方法の一つとして有効だと考えられる。筆者らは、建築デザインを学ぶ上で最も難しいことの一つに、設計主旨と実際の建築デザインとの対応関係を読み解くことがあると考えている。その点、VR 教材による仮想空間の中で（本物ではないにしても）その建築空間を直接見な

がら説明を聞けるということ、そしてそれがいつでもどこでも体験できるということは建築デザイン教育において大きな可能性を持つのではないだろうか。

6. まとめ

本研究を通じて音声ガイド機能によって VR 教材の「設計主旨」に対する理解度が向上する可能性が高いことが明らかとなった。また、ガイド無しの教材を用いた復習型に比べて閲覧時間が短縮される可能性も確認できた。今後、より多くの建築事例を対象に VR 教材作成と閲覧実験を重ねることで、その効果をより明確に確認していきたい。

謝辞

本論は、金沢工業大学建築デザイン学科 4 年生（当時）の北祐一郎氏が令和元年度の卒業研究として実施した内容を再構成したものです。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 本多健人：VR モデルを用いた建築作品教材作成に関する研究 ―空間特性の把握度合い比較評価―、金沢工業大学建築デザイン学科卒業論文、2018.03
- 2) 牛山佳彦、下川雄一：VR を用いた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、2019.12
- 3) 石田康平、酒谷粹将、田中義之、千葉学：VR を通し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. 1579-1586、2019.07
- 4) 鎌田蒼、大西康伸：VR 導入による設計会議における施主の意思決定支援、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. 224-229、2019.12
- 5) Michael Duwain Brazley, Architecture, Virtual Reality, Spatial Visualization, Learning Styles, and Distance Education. International Journal of Architecture, Arts and Applications. Vol. 4, No. 2, 2018, pp. 10-16. doi: 10.11648/j.ijaaa.20180402.11
- 6) 山崎健太郎デザインワークショップ：「はくすい保育園」、新建築 2015 年 4 月号、新建築社、pp. 78-85
- 7) 手塚貴晴+手塚由比：「ふじようちえん」、新建築 2007 年 5 月号、新建築社、pp. 110-123
- 8) はくすい保育園 | WORKS | 山崎健太郎デザインワークショップ、<https://ykdw.org/works/hakusui-nursery-school/>、閲覧日 2020/7/10
- 9) ふじ幼稚園 | 教育施設実績 | 手塚建築研究所、<http://www.tezuka-arch.com/works/education/fujiyoc-hien/>、閲覧日 2020/7/10
- 10) Birnbaum, M. S., Kornell, N., Bjork, E. L. et al. Why interleaving enhances inductive learning: The roles of discrimination and retrieval. Mem Cogn 41, 392-402 (2013). <https://doi.org/10.3758/s13421-012-0272-7>