

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：32704

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K17685

研究課題名(和文) 建築デザインの創造的プロセスを支えるVRを用いた対話ツールの構築

研究課題名(英文) Building a Dialogue Tool Using VR to Support Creative Processes of Architectural Design

研究代表者

酒谷 粹将 (SAKATANI, Suisho)

関東学院大学・建築・環境学部・講師

研究者番号：20772148

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：複数の主体によるコラボレーションのプロセスの中でどのようなツールを用いるかということは、デザインの創造性に大きな影響を与える。一方で、複雑な三次元の空間を体験する媒体として、最近ではVR技術が大きな注目を集めている。そこで本研究では、VRを用いたデザインツールの開発を行い、それを用いたデザイン実験を通してデザインツールの改良と機能の追加を重ね、複数の主体がVRを通して双方向に対話を行うシステムを構築した。更にはデザインツールを建築デザインの実プロジェクトの中でも活用し、ツールの実践的側面に関わるフィードバックを得たうえで、VRを用いた対話によるデザインの方法を提示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的な特色は、人と三次元空間とのインタラクティブな関係の構築を可能にする技術としてのVRに着目した点にある。スケッチや図面、模型などといった既往のデザインツールとは異なり、VR技術を活用することによって、建築デザインの専門家でなくとも空間の情報を体験的に得ることができ、そこに自身の要望や新しいアイデアを投げかけることができるようになる。近年のVR技術の発展も相まって、VRを活用した新しいデザインツールは、専門家同士、もしくは非専門家と専門家の関係を大きく変え、よりインタラクティブなコミュニケーションを前提とした新しい対話によるデザインにもつながるものと思われる。

研究成果の概要(英文)：What tools are used in the process of collaboration by multiple actors has a significant impact on the creativity of the design. On the other hand, VR technology has recently attracted a lot of attention as a medium to experience a complex three-dimensional space. In this study, we developed a design tool using VR, and through design experiments using the tool, we improved the design tool and added functions, and built a system where multiple subjects can interact with each other through VR. In addition, the design tools were also used in the actual project of architectural design, and the method of design through the dialogue using VR was presented after getting the feedback on the practical aspect of the tools.

研究分野：建築計画

キーワード：VR 対話によるデザイン 創造性 コラボレーション デザインツール

1. 研究開始当初の背景

複雑な現代社会におけるデザインの問題を特定の領域の専門家が個人で解くことはますます困難になり、異なる主体による協働的なデザインのアプローチが強く求められている。そしてそうしたコラボレーションの中で創造的なデザインを展開するためには、そこで行われる主体間のコミュニケーションを媒介する対話ツールが重要になってくる。本研究ではそうした建築のデザインツールとして、近年その技術の発展とともに実用化も急速に進んでいる「バーチャルリアリティ (VR)」に着目する。

近年、頭部に装着することで VR 空間に没入できるヘッドマウントディスプレイ(HMD)が多くの企業から立て続けに発表された 2016 年が VR 元年とも呼ばれているように、コンピュータの計算能力やインターフェースの技術の発展によって VR の体験が急速に身近なものになってきている。建築デザインの現場でも、クライアントへのプレゼンテーションツールの他、建築の構法やコスト等に関わる管理情報を扱う BIM(Building Information Modeling)と連動させたシミュレーションツールとしての VR の活用が一般的になり始めている。

一方で研究代表者はこれまでに、デザイナーはどのようにして自身のデザインを制御し、創造的プロセスへとつなげていくか、という「プロセスのデザイン」の観点から対話によるデザインの研究を進めてきた。そして研究を進める中でスケッチや模型、CG などのデザインツールが主体間の対話を支える重要な要素として浮かび上がり、近年その注目度を高めている、身体と空間体験を結ぶ VR 技術が新しいデザインツールとして大きな可能性を持つのではないかと、という考えに行きつき、本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

以上のような背景に基づき、本研究では以下に示す目的を定めた。

(1) 専門性のギャップを埋める VR の役割の解明

まずは建築の専門的な技能を持たない人々がデザインの途中段階での建築空間を捉え、それを理解するプロセスに VR がどのような役割を果たすのかを明らかにする。一般に建築のユーザーやクライアントとなる人々は、必ずしも図面や模型等のツールを通して建築空間を認識する能力に長けているわけではない。デザイナーにはそうした専門性のギャップを埋めるように対話を重ねながら、彼らが完成した建築空間の中で紡いでいく経験、すなわち「ユーザーエクスペリエンス」(user experience:UX)を探究する「UX デザイン」を展開することが求められる。(Weight, P. and McCarthy, J. : *Experience-Centered Design: Designers, Users, and Communities in Dialogue*, Morgan & Claypool, Publishers, 2010) 一方で、特別な能力や経験を持たない人でもコンピューター上の三次元空間を体験的に捉えることを可能にする VR はそうした UX デザインにおいて専門性のギャップを埋める大きな効果をもたらすことが予想される。そこで他の既存のデザインツールとの比較も行いながら、VR が専門家と非専門家との間で行われる対話のプロセスに与える影響について明らかにする。

(2) 建築家の対話のプロセスに与える VR の効果の理解

次に建築家の思考媒体として VR がどのような働きを持つのかを理解していく。デザインのツールがその役割を果たすのは、専門家と非専門家の対話の中に限られるものではない。古くから建築家はスケッチや模型といったツールを用いて、自身の思考を外在化し、その対象との対話を通して創造的なデザインを展開している。(Schön, Donald A. : *The Reflective Practitioner, Basic Book, 1982*) 最近ではデザインの初期段階から三次元モデリングソフトを用いたデザインの方法も普及し始め、技術の発展に伴ってデザインツールも日々進化している。そこで VR 技術が持つ建築家の新たな思考ツールとしての特性に関する知見を得る。

(3) 対話によるデザインのマクロプロセスの構造の把握

最後に VR のデザインツールの活用を通じた対話によるデザインを展開することで、デザインプロセス全体の構造がどのように変化するかを把握する。VR のツールを用いることで対話の機会が飛躍的に増加し、建築のデザインの開始から竣工、そして空間が使われるに至るデザインのマクロなプロセスは、旧来とは大きく異なるものになるだろう。そうした変化を捉えるべく、実践的な活動の中で開発したデザインツールを活用し、そのマクロプロセスの構造を把握する。

3. 研究の方法

上記の研究目的の達成のために、まずは(1)VRに関する既往の理論や技術を参照しながら、具体的なデザインの対話ツールを開発・実装する。次に(2)構築したツールを用いて建築デザインの専門家やデザインの経験を持たない非専門家も対象に含めたデザイン実験を行い、そのプロセスを分析することで VR を用いたツールがデザインプロセスに与える効果を明らかにする。それに加えてスケッチや図面、模型や三次元の透視図など、現在でも一般的に使われているデザインツールと組み合わせることで、VR をデザインツールとして用いることのメリットやデメリットを相対的に理解する。続いて(3)VRを通じた双方向の対話システムを実装する。そして(4)構築したデザインツールを実際の建築デザインのプロジェクトの中で活用することでその効果を検証する。最後に研究の各ステップで得られた知見を踏まえ(5)VRを用いた対話によるデザイン概念を体系化し、方法論として整理する。

4. 研究成果

(1) VR を用いたデザインツールの開発

本研究では HMD を用いた没入型の VR に注目した。作成したデザインの三次元モデルをモデリングツールである Rhinoceros で作成した後、Epic Games 社により開発されたゲームエンジン Unreal Engine 4(UE4)で VR 空間を作成した。そのうえで、Oculus 社が発売している HMD である Oculus Rift を通してデザイン主体が空間を体験することができるツールを構築した。デザインした住宅の VR 空間の例を Fig.1 に示す。こうした空間を体験しながらコントローラーを用いて空間内を自由に移動できる。



Fig.1 UE 4 で構築した VR 空間

(2) デザイン実験の実施とデザインツールの改良

構築した VR ツールを用いたデザインのプロセスを分析するために、デザイン実験を実施した。ここでは「デザイナー」と「ユーザー」を想定した 2 人の学生（前者は建築系学生、後者は非建築系学生を被験者とする）をペアとし、住宅をデザインする課題を与えた。実験は各回 30 分の計 3 回のエスキスで構成され、デザインツールの使用に関して 3 つのパターンに沿った計 6 組のペアを対象に実験を行った。まずデザイナーがユーザーにヒアリングを行ったうえで住宅のデザイン案を制作し、ユーザーとのエスキスを通して案を改善していくという、住宅デザインの一連のプロセスをモデルにした実験条件を定め、エスキスを通して議論を進めていく過程で、図面、模型や透視図といった従来のデザインツールに加え、HMD による没入型 VR をデザインツールとして用いた。

そして VR についての理論的枠組を建築空間に関する諸理論を参照しながら設定し、実験で得られたデザインプロセスの分析を行うことによって、没入型 VR を通してデザイン対象の空間を体験することがデザインプロセスに与える影響について考察を行った。具体的には Fig.2 に示すような実験中の被験者の VR 空間内での移動の仕方や Fig.3 に示す被験者同士の対話の発話プロトコルを対象にした分析を行った。

その結果、①没入型 VR を通した空間の経験がユーザーの身体に基づいた空間の評価を可能にすることや、そのことが②ユーザーの積極的なデザインプロセスへの関わりを促すこと等、デザインツールとしての VR の有効性について、その可能性を指摘した。そして③デザインの初期段階に出していた要望の枠組みとなっていたフレームが変化し、それまで抱いていなかったユーザーの潜在的なニーズが引き出されるリフレームのプロセスへの影響についての示唆を得た。また④周囲との関係性のなかで建築空間を評価するという一定の技能を必要とする高次の空間認識が、VR 空間内での移動行為を通して、デザインを専門としないユーザーであっても容易になるという、VR 空間の経験を通してユーザーの空間認識が発展する事例を捉えることができた。

(3) VR を通した双方向の対話システムの実装

(1) で構築したプリミティブな VR のシステムを拡張し、空間体験と同時に新しい造形的アイデアを三次元空間に直接挿入するための対話システムを構築した。人間の持つ知識は構造化

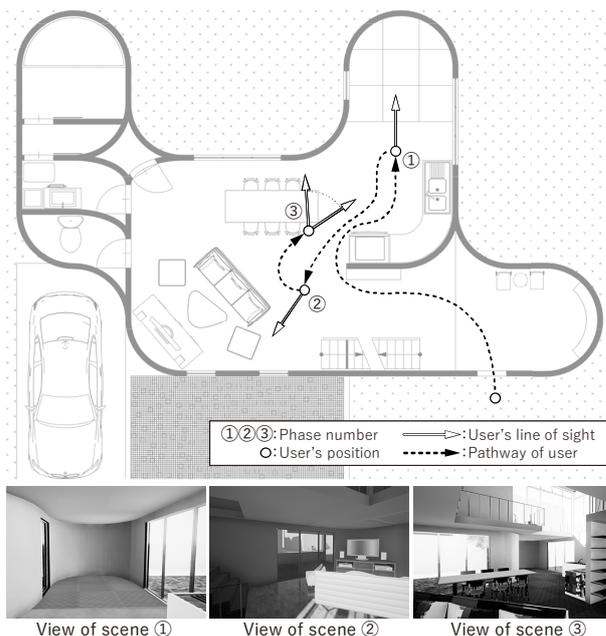


Fig.2 VR 空間内の被験者の動き

Time	Speaker	Protocol
13:48	Client	あ、なんか和室、ちょっと客間みたいな感じをイメージしてたんで
13:52	Designer	うん
13:54	Client	和室一、独立した部屋が和室の方がいいかな。ここに和室より上の部屋の一室が和室とかの方が
① 14:00	Designer	あー、そういう感じか
14:02	Client	私的にはいいかな、と思います
14:04	Designer	あ、でもお客さんを 2 階に通すって感じ？
14:07	Client	あっ、確かに！
(中略)		
14:21	Client	このエリアが、ちょっと独立した感じになるっていうのは難しいですかね
14:26	Designer	ま、可能だね。ちょっとさ、あの、リビングにいてもらって。メインのテーブルがあるところへん。
② 14:37	Designer	で、ちょうど 180 度うしろ、の窓がふたつあるじゃないですか。
14:42	Designer	それはもとおっさいやつがバーンとあるっていう想定だとして、
14:51	Designer	ちょっといろいろ周りみてもらって。その、いま量があるようなところを...
14:53	Client	あー確かに！ひらけてる方がいいですね
(中略)		
15:03	Client	うーん、でも、あの感じだと、あそこに置より、全部フローリングの方が逆にいいかもしれない。
15:09	Client	豊ほしいって言ったんですけど。
15:11	Designer	あー
15:14	Client	フローリングから突然になるのが干渉を感じるので、
15:20	Client	普通にフローリングで、全部フローリングで、奥までフローリングで大丈夫です
15:24	Designer	ふんふんふん、なるほどなるほど
15:29	Client	たぶんそれどころ、ちょっと、私とか増やして
③ 15:36	Client	ホームパーティとかできるようなかんじのなかって思うので、全部フローリングで。

Fig.3 デザイン中の発話プロトコル

された情報として頭の中にあるのではなく、人間の行為が遂行される状況と強く結びついたものとして捉えられるが(Lave,J.: *Cognition in Practice: Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life*, Cambridge University Press, 1988)、そうした視点に立てば、空間を体験しながらアイデアを生み出す、といった行為の遂行と知識の生成の同時並行を可能にするデザインツールが、これまでにない新しい知を生み出す創造的プロセスを支えることになると考えたからである。そこでここでは実際の空間に近い体験が可能な VR 空間の中で、仮想的にものをつくりながら考え、デザインを進めていくことで新しい空間の利活用のアイデアを生み出す、対話によるデザインを支えるデザイン空間のシステムを構築した。

ツールの実装に際しては(1)と同様に、ソフトウェアとしてはゲームエンジンである Unreal Engine 4 を、ハードウェアとしてはデザインツールとして利用する際の導入の容易さと機動性に鑑み、スタンドアロン型 HMD である Oculus Go を用いた。また VR 空間を体験する中でコントローラーの操作で直観的にその空間内に直接オブジェクトを生成するプログラムを実装し、CAD ソフト等の使用に不慣れなユーザーでも既存の空間を簡単に操作できる仕組みを整えた。ここでプログラムの構築にあたってはブループリントと呼ばれる UE4 に組み込まれたビジュアルスクリプトを用いた。このツールでは Fig.4 に示すように複数の主体が VR 空間を共有でき、互いの位置関係を把握しながら制作を行うことができる。

以上の手順で構築したデザインツールを用いて、(2)と同様にデザイン実験を実施した。

(Fig.5 に実験で使用した機器を示す。)ただしここでは(2)とは少し設定を変え、建築のクライアントやユーザーを想定した建築等のデザインの経験を持たない非専門家同士の対話を想定し、そのデザインプロセスの分析や実験後のインタビューを通して構築したツールの評価を行った。(Fig.6 に実験風景を示す。)

その結果、①つくる行為の中で、仮説的なデザインの解の検証や、その行為の中での省察が行われていたことや、②実験中の会話の中で「そこ」「それ」などの指示代名詞がデザイン言語として用いられ、VR 空間内の他者が対話の相手となる「聞き手」として認識されていたことなどが、デザインプロセスにおける被験者らの発言から読み取ることができた。また③VR 環境においては、図面や模型からは感じ取りにくい、「開放感」や「窮屈さ」といった空間的感覚を捉えることができていることを確認することができた。

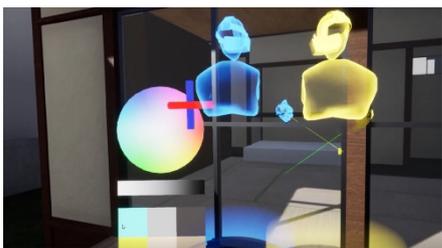


Fig.4 VR空間内で対話するアバター Fig.5 実験で使用した機器 Fig.6 実験の様子

(4) デザインツールを用いた実践的なデザイン活動の展開

以上の研究の中で蓄積してきた技術を活かして新たに構築したデザインツールを実際の建築デザインの中で活用することでその効果を検証する。ここでは特に、市民参加による連続ワークショップ「鶴川駅を考える会」の中でこのデザインツールを活用した。

以前から町田市や小田急電鉄らの連携のもとで鶴川駅やその周辺エリアの再整備計画が進められており、2019年度に基本設計に並行して、町田市、小田急電鉄、設計者、研究代表者の研究室の協働のもとで連続ワークショップのデザインが進められ、上述の「鶴川駅を考える会」が開催された。計7回のワークショップの内、第6回目のワークショップで上記のデザインツールを活用し、ワークショップの参加者に駅のデザインの最新案の空間の中を自由に歩き回ることによってその提案の内容を体感してもらい、空間の活用方法や新たな提案に繋がるアイデアを出していくプログラムで会を進めた。(Fig.7、Fig.8)

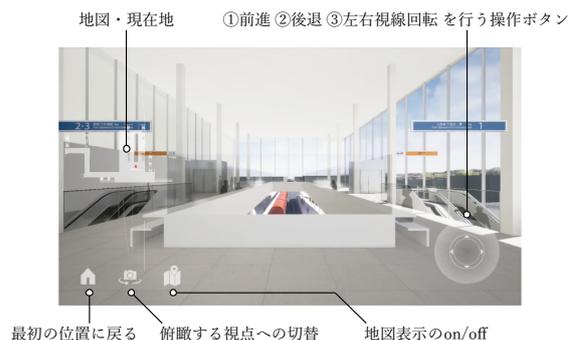


Fig.7 デザインツールのインターフェース

Fig.8 ワークショップ風景

まずはこのワークショップの終了後にアンケートを実施し、その分析を行った。その結果、多くの参加者がツールの活用な積極的な意義を見出しはいるものの、空間内の要素が素材や寸法から、空間の関係や構造、雰囲気や様相といった高次元のものになるにつれそのイメージがしにくくなっていることがわかった。

次にこのワークショップの各参加者の発話を中心とした記録を対象にその具体的な内容を見ていった。その分析の結果、VRを通して空間そのものをより実体験に近い形で捉えることができるということに加え、三次元の空間として対象を捉えられたことが、それまでは認識していなかった新しい空間に気づいたり、その活用方法に発想を拡げられたりすることに繋がり、そこから空間に見出す新しい価値に気づくことができた事例を確認した。ここでは合意形成や情報共有といった多様な目的や狙いが定められる建築デザインにおけるワークショップの、特に創造の局面に焦点を絞ってその分析を行ったが、非専門家と分類されるような市民や住民であってもその対話の中で建築空間の小さな発見や創造を行うことが、気づいていなかった新しい価値の創出につながることを明らかにすることができた。

(5) VRを用いた対話によるデザインの方法論の構築

以上の理論整理とデザインツールの開発、実践活動を通して得られたフィードバックを踏まえ、VRを用いた対話によるデザインの方法論の構築を進めた。対話によるデザインの理論の対象は広範囲にわたるが、対話によるデザインの枠組みを通してみるVRの本質は、企画、設計、施工といった一般的な建築の生産のプロセスを逆転して捉え、先行的にデザインの対象を可視化するプロトタイピング(prototyping)の側面にあることが一連の研究を通して浮かび上がってきた。そうしたプロトタイピングを行う設計空間を確保することで新たな建築空間の可能性を拡げる価値探究のプロセスを支える手立てとしてVRを理解することができるだろう。

一連の研究で得られた知見はVR概念やそのツールの活用範囲にとどまるものではなく、VRと同じく日々開発が進められているMR等にも応用できるものであると思われる。そうした考えから、上記の研究と同様の方法でデザイン実験とその分析を行っており、今後VRに関する知見とも比較しながらそのデザインツールとしての特性を明らかにしていく予定である。



Fig.9 実験風景



Fig.10 MR ツールを通じたデザイン対象の見え方

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 2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 石田康平, 酒谷粹将, 田中義之, 千葉学	4. 巻 84
2. 論文標題 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)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会計画系論文集	6. 最初と最後の頁 1579-1587
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aija.84.1579	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 -
1. 著者名 酒谷粹将	4. 巻 Vol.133, No.1707
2. 論文標題 設計論の系譜にみる「みんなのけんちく」	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 建築雑誌	6. 最初と最後の頁 p.7
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 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 酒谷粹将	4. 巻 -
2. 論文標題 対話のプロセスを通して構成されるデザイン対象の多義性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Designシンポジウム2019 講演論文集	6. 最初と最後の頁 186-193
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 酒谷粹将	4. 巻 -
2. 論文標題 設計論の拡張と研究方法の展開	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019年度日本建築学会大会(北陸)建築計画部門 研究懇談会「建築・都市・農村計画研究者の方法論的転換 - 若手研究者・実務家はいかに社会的課題と向き合っているか - 」資料	6. 最初と最後の頁 6-9
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 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 酒谷粹将, 四宮駿介	4. 巻 -
2. 論文標題 価値探究のための設計空間としてのVR の活用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019年度日本建築学会大会(北陸)情報システム技術部門 研究協議会「建築・都市分野のVR・MR技術の展望」資料	6. 最初と最後の頁 68-69
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 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 石田康平、酒谷粹将、田中義之、千葉学
2. 発表標題 VRを通じた空間の認識と連続的な体験を起点とした設計問題の再設定のプロセス
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会(東北)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石田康平、酒谷粹将、田中義之、千葉学
2. 発表標題 設計ツールとしてのVR空間とその経験が有する特性に関する理論的考察
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 四宮駿介、酒谷粹将、田中義之、千葉学
2. 発表標題 VRを用いた「つくりながら考える」対話の場としての設計システムの構築
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会(北陸) <選抜梗概>
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
--	---------------------------	-----------------------	----