

M-Brush: VR 空間における多視点を利用したデザイン手法の提案

楠木幹也^{†1} 古浜龍^{†1} 戸嶋龍佑^{†1} 森葉月^{†1} 謝浩然^{†1}
王子洋^{†1} 由井藺隆也^{†1} 佐藤俊樹^{†1} 宮田一乗^{†1}

概要: 近年バーチャルリアリティ(VR)を利用したモデリングはある程度の有効性が示されているものの、デザインする対象の周囲を確認しづらく、対象物のスケールを何度も調整し全体を把握しながらデザインするなどの労力を必要とする。VR 環境でデザインを行うユーザの負担を軽減するため、本研究では VR 空間における多視点を利用したデザイン手法 M-Brush を提案する。提案手法は、デザインする対象物の反対側の視点や対象物の全体を捉える俯瞰の視点を通常の視点に追加し、画面分割を利用して他の視点からの映像を表示する。提案のデザイン手法の有効性を検証するために評価実験を行い、アンケートの結果、多視点を利用した場合の有効性とユーザフィードバックを確認した。

1. はじめに

近年、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)が以前よりも安価で入手可能になったことでバーチャルリアリティ(VR)コンテンツが普及し、従来より身近になってきている。現在でも VR に関する研究は数多く行われており、今後この流れは続くものと思われる。また、VR はエンターテインメント、スポーツ、医療、観光、デザイン等の様々な分野で有効活用されており、今後新しい分野の利用が考えられる。

VR におけるデザインでは、仮想空間内にて子供や大人、車椅子を利用する人などの視点に立った体験をすることで、設計の問題点に気づくことができる[1]。また、建築に関するデザインには複雑な情報が含まれており、VR を用いることで空間に対する認識が高まること示されている[2]。このように、VR を用いたデザインの有効性が示されている。しかしながら、例えばオープンソースの無料 VR ペイントアプリ OpenBrush を用いた場合、デザインする対象の反対側を確認するには、操作者自身が仮想空間内にもかかわらず物理的に回り込む必要がある。他にも VR 環境でのデザインにおいては、対象物のスケールを何度も調整し全体を把握しながらデザインするなどの追加の労力も発生する。デザインを行うユーザに負担を強いているこれらの課題を解決できれば、VR 環境でのユーザの負担軽減が可能になると考えられる。そこで本研究は、VR 空間における多視点を利用したデザイン手法 M-Brush を提案する(図 1)。本研究では、デザインする対象物の反対側の視点や対象物の全体を捉える俯瞰の視点を従来の視点に追加して表示する画面分割を用いたデザインシステムを開発し、その有効性を検証する。また、VR コントローラのボタンを押すことで表示されている反対側の視点に切り替わる機能を与えることでさらなる負担の軽減を実現した。

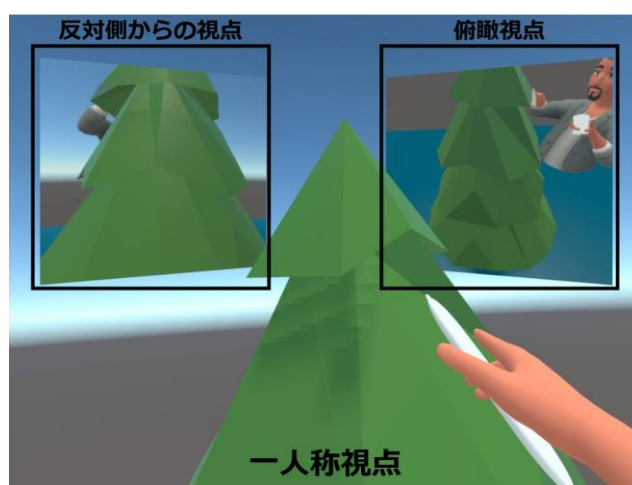


図 1 システム概要図(HMD から見える映像)

本研究では、開発したデザインシステムの有効性を検証するために被験者を募り、従来の一つの視点によるデザインと提案手法との両方に対してデザイン実験を行った後アンケートに回答してもらった。

2. 関連研究

2.1 VR におけるデザイン

Pai らは、VR 空間における設計図をあらゆる角度から見えるようにすることで、空間に対する正確な認識をもたらした[3]。Zhang らは、中国の伝統建築の中でも独特の文化を持つ Dougong に関する VR アプリケーションを制作した[4]。Villagrasa らは、大学の工学部と建築学部の授業でゲーミフィケーションと VR を利用した学習を行った[5]。本研究は VR におけるデザインをテーマとしているが、異なる角度からの視点を従来の視点に追加して見せることでユーザの負担軽減を目指す。

2.2 多視点手法

Schjerlund らは、VR 空間で複数の離れた場所における視

^{†1} 北陸先端科学技術大学院大学

点を重ねて表示し、透明と不透明を切り替えることで同時に複数の離れた場所を認識し、VR空間でのインタラクションを構築している[6]. Kimらは、VR空間において、ユーザが様々な角度から複数の映像を効果的に探索し、没入できるような多視点レイアウトのデザイン研究を行った[7]. Kasaharaらは、自分の視点と他人の一人称視点を見ることができるシステムを構築した[8]. Miuraらは、VR空間内の同期したアバターのそれぞれの視点を画面分割して表示している[9]. Kurosakiらは、技術伝達のため、熟練者の一人称視点と非熟練者の一人称視点を重ねたり、交換したりするシステムを提案し、それらの手法が効果的であることを示した[10]. 本研究は同様の多視点手法を用いており、VRにおけるデザインに応用している.

3. M-Brush システム概要

提案の M-Brush システムは、多視点手法を実現するため VR 空間内に複数のカメラを設置している(図 2). 従来の一人称視点のみ(図 3)と比較して、一つは通常の一人名視点で表示している状態で、反対側の視点を左上に表示し、俯瞰視点を右上に表示している(図 4). VR コントローラの制御によって瞬時に視点の切り替えが可能である. 視点を切り替えた場合は、切り替え先の視点が通常の一人名視点で表示され、切り替え前の視点は左上に表示される(図 5). また、反対側視点のカメラや俯瞰視点のカメラにアバターが表示されることで、操作者自身の位置を把握することができる(図 1). システムのフレームワークを図 6 に示す. あらかじめオブジェクトが存在する VR 空間に対して、ユーザが VR コントローラを動かすことで線を描き、オブジェクトにデザインする.

3.1 実装の詳細

M-Brush のプロトタイプシステムを実装するには、Meta Quest 2 と Unity(2021.3.9f1)を用いて、VR 空間上にペンと消しゴムでデザインが可能な環境を構築した. アバターは、Meta Avatars SDK を使用している. 右手コントローラはペンの役割をしており、特定のボタンを押した状態で動かすと VR 空間内に線が描かれる. 左手コントローラは消しゴムの役割をしており、VR 空間内で描いた線と消しゴムが接触すると線が消える仕組みになっている. 線は赤色と黄色の 2 つを用意し、左コントローラにある一つのボタンを押すことで切り替えることができる. また、右コントローラにある一つのボタンを押すと、反対側の視点到瞬時に切り替えることができ、ユーザの物理的移動の労力を軽減している. 視点を戻したい場合には、同じボタンをもう一度押すことで戻る仕組みになっている.

4. 比較実験

本研究では、通常の一人名視点と提案手法である多視点の両方でデザインを実施する比較実験を行った. 募集した実験の被験者は所属大学の学生 8 名(20 代,男性 8 名)である.

4.1 実験内容

被験者には、最初にシステムに慣れてもらうために、HMD を装着した状態でペンや消しゴムに関する操作方法を伝え、通常の一人名視点のシステムを実際に 5 分程度体験してもらった. 被験者がペンや消しゴムに関する操作方法に慣れてきたら、多視点のシステムに切り替え、視点の切り替え方法や画面の見方を説明し、被験者が操作方法を理解するまで体験してもらった. その後実験に移り、通常の一人名視点でのデザインを 5 分程度行った後、多視点でのデザインでも 5 分程度行い、その後アンケートに回答してもらった. アンケート評価では、5 段階のリッカート尺度(1:全くそう思わない⇔5:とてもそう思う)を使用する. 実験内容としては、VR 空間に木のオブジェクトを設置し、木のオブジェクトにペンで模様を描くことで被験者にクリスマスツリーをデザインしてもらうというものである.

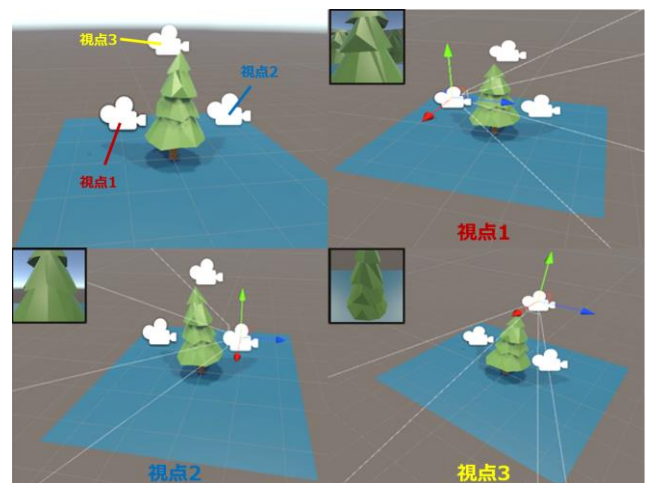


図 2 システムにおけるカメラの配置



図 3 一人称視点のみ

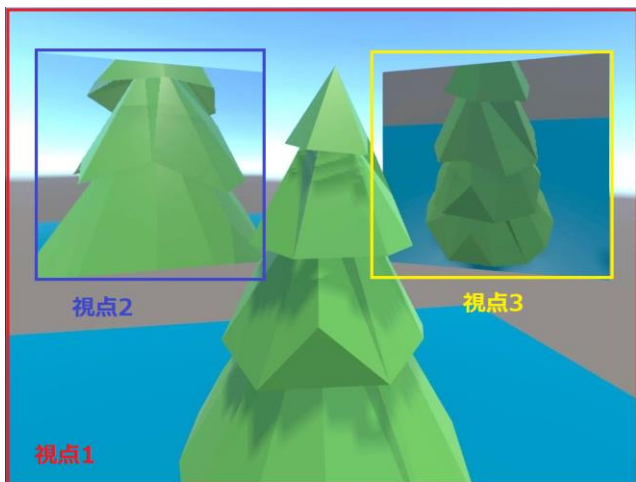


図 4 多視点手法



図 5 視点切り替え



図 6 システムフレーム

実験で被験者がデザインしている様子を画面キャプチャで記録し、多視点における視点切り替えの回数をカウントした。実験中の被験者の写真を図7に示し、被験者が実験中にデザインしているクリスマスツリーを図8、完成したデザインを図9に示す。質問項目は以下である。

- a) VRの経験があるかどうか
- b) デザインの経験があるかどうか
- c) 多視点について、一視点と比較して体を移動させる必要が減ったと感じた
- d) 多視点について、一視点と比較してデザインする対象をより把握できると感じた
- e) 多視点について、一視点と比較してよりストレスを感じずに作業できた
- f) 多視点について、短時間でシステムを理解できた
- g) 多視点について、このシステムを使いこなすには色々なことを学ぶ必要がないと思う
- h) 多視点について、このシステムを使いやすいと感じた
- i) 多視点について、このシステムに満足している



図 7 実験中の被験者の写真

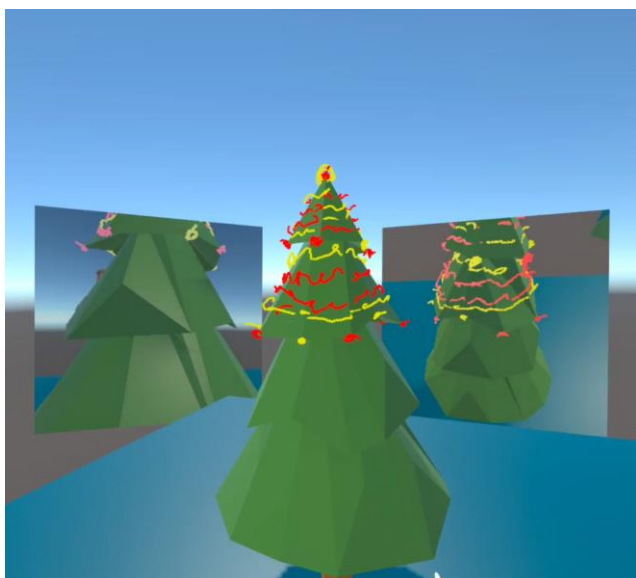


図 8 実験中のデザイン

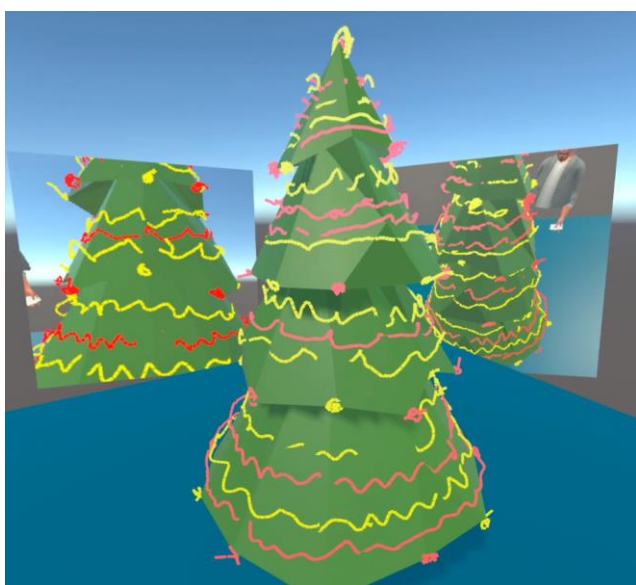


図 9 完成したデザイン

4.2 実験結果

比較実験のアンケート結果を図 10 に示す。

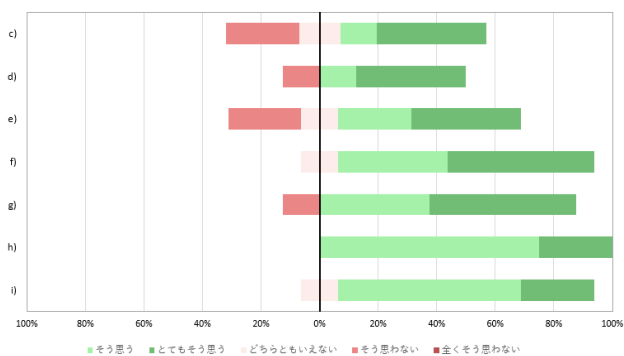


図 10 アンケート結果

被験者のほとんどは VR やデザインの経験をあまりしたことがないと確認した(質問 a), b)). 質問 c)について、体の移動が減ったと感じた人とそうでもないと感じた人に分かれた。これは、視点を切り替えた後に、目的の場所まで少し移動する必要があり、それを負担に感じた被験者がいたからだと考えられる。質問 d)について、8人中7人が「とてもそう思う」か「そう思う」と回答した。これは、俯瞰視点の映像がデザインの把握を助けたと考えられる。質問 e)について、ストレスを感じた人とそうでない人に分かれた。多視点のシステムにおいて、複数の画面を見ることをストレスに感じたと考えられる。質問 f)について、8人中7人の被験者が「とてもそう思う」か「そう思う」を選び、システムが理解しやすいことを示している。質問 g)について、8人中7人が「とてもそう思う」か「そう思う」を選択した一方で1人が「そう思わない」を選択した。これは、線を描くボタン、視点を切り替えるボタン、色を切り替えるボタンなど、ボタンが多かったことが要因であると考えられる。質問 h)について、全員の被験者からシステムの使いやすさに好評を得た。質問 i)について、ほとんどの被験者がシステムに概ね満足していることが分かった。

視点切り替えの回数は、Dixon の方法[11]より、有意水準 0.05 とした場合、最大値である 23 回の値は棄却され、それを除いた 7 人の平均視点切り替え回数は、7 回となった。被験者からもらった感想として、「多視点で操作を行うことで、自分のデザイン性が向上したと感じた。また、デザインの多様性も向上したと感じた。」「俯瞰視点の映像を見ることで、自分がどのようにデザインしたか分かり、どんなデザインにしたいかをイメージしやすかった。」「多視点の場合、全体の把握が容易だったため、デザインが不足している箇所を見つけやすかった。」「動き回る必要が減ったため、危険を感じなかった。」「多視点により、デザインをしている自分の姿をみるのができたのが嬉しかった。アバターがデザインしているのを見て、自分も楽しくなった。」などの好意的な意見があった。多視点をを用いることにより、負担を軽減するだけでなく、デザイン性の向上や楽しい気持ちになった等、我々が想定していない効果が生まれた。

否定的な意見として、「色を変更した時、どの色になっているか分からなくなった。」「俯瞰視点を特に意識しなかった。」「システムの精度が上がれば、有効性が感じられると思う。」「俯瞰視点の画面の配置が良くない。」「VR 空間でデザインすることが難しい。」「慣れてくると、多視点を使いやすくなるかもしれない。」等があった。システム実装上不十分な点があり、色変更した時にペン先の色も変更する機能をつけるべきであった。そもそも VR 空間でデザインすることを難しく感じる被験者もおり、そこに多視点という機能を加えたため被験者を混乱させてしまったと考え

られる。他にも、慣れてくると使いやすく感じるかもしれないといった感想から、VR が未経験の人に対しても使いやすく感じるようなシステムにする必要がある。

5. まとめ

本研究では、VR 空間での多視点をを用いたデザイン手法 M-Brush を提案した。提案手法について、従来の一人称視点のみと実験を通して比較した。アンケート結果から、多視点をを用いたデザイン手法の利点と欠点を確認することができた。利点として、デザインをより把握しやすくなることが分かった。欠点としては、人によって多視点であることがストレスに感じることである。また、VR 未経験の人に対してもシステムの有効性が感じられるように、追加する画面を 1 つのみにするなど工夫する必要がある。実験を通して、デザイン性の向上や楽しい気持ちになる等、我々が想定していない良い効果を感じた被験者がいた。この意見はとても興味深く、今後検証していく必要がある。

今後の課題として、まずシステムの改良が挙げられる。今回のシステムでは、従来の一人称視点に加えて、反対側からの視点と俯瞰視点を画面の左上と右上に表示しているが、ユーザがより視認しやすい工夫が必要である。現時点では、表示する他の視点からの映像がオブジェクトによって隠れてしまうという問題点がある。反対側からの視点の映像と俯瞰視点の映像の適切な大きさや表示位置を、ユーザがシステムを使いやすくなるように最適化する必要がある。他にも、本システムでは、反対側の視点にのみ移動が可能であるが、俯瞰視点にも移動できるようにすることで、VR 空間でのデザインに関する新たな知見が得られる可能性がある。また実験では、VR 空間にあらかじめ存在しているオブジェクトに対して絵を描くという方法を用いた。この手法と異なり、一からデザインする場合のように実験内容を変えることで、本手法と従来の手法と比べて、結果にどのような差が生じるのかを検証する必要がある。今後は、提案の M-Brush システムと深層学習手法を用いて、VR 空間における 3 次元スケッチを用いたモデリング[12][13]とシミュレーションデザイン[14]への実現を目指す。

参考文献

- [1] J. Zhang, T. Piumsomboon, Z. Dong, X. Bai, S. Hoermann, and R. Lindeman : "Exploring Spatial Scale Perception in Immersive Virtual Reality for Risk Assessment in Interior Design", Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, No.8, pp.1-8(2020).
- [2] U. Muhammad, H. Brandon, B. Glen, K. Mubbasir and F. Petros : "Understanding spatial perception and visual modes in the review of architectural designs", proceedings of the ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation, No.31, pp.1-2(2017).
- [3] YS. Pai, B. Outram, B. Tag, M. Isogai, D. Ochi, H. Kimata, and K. Kunze: "CleaVR: collaborative layout evaluation and assessment in virtual reality", ACM SIGGRAPH 2017 Posters, No.20,

- pp.1-2(2017).
- [4] J. Zhang, H. Chen, J. Wang, and M. Gao : "Experience the dougong construction in virtual reality", Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, No.88, pp.1-2(2018).
- [5] S. Villagrasa, D. Fonseca, and J. Durán : "Teaching case: applying gamification techniques and virtual reality for learning building engineering 3D arts", Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, pp.171-177(2014).
- [6] J. Schjerlund, K. Hornbæk, and J. Bergström : "OVRlap: Perceiving Multiple Locations Simultaneously to Improve Interaction in VR", Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, No.355, pp.1-13(2022).
- [7] M. Kim, Y. Lee, and J. Lee : "Exploring Spatial Scale Perception in Immersive Virtual Reality for Risk Assessment in Interior Design", Proceedings of the 30th ACM International Conference on Multimedia, pp.818-826(2022).
- [8] S. Kasahara, M. Ando, K. Sukanuma, and J. Rekimoto : "Parallel Eyes: Exploring Human Capability and Behaviors with Paralleled First Person View Sharing", Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.1561-1572(2016).
- [9] R. Miura, S. Kasahara, M. Kitazaki, A. Verhulst, M. Inami, and M. Sugimoto : "MultiSoma: Distributed Embodiment with Synchronized Behavior and Perception", Augmented Humans Conference 2021, pp.1-9(2021).
- [10] K. Kurosaki, H. Kawasaki, D. Kondo, H. Iizuka, H. Ando, and T. Maeda : "Exploring Spatial Scale Perception in Immersive Virtual Reality for Risk Assessment in Interior Design", Proceedings of the 2nd Augmented Human International Conference, No.20, pp.1-4(2011).
- [11] W. J. Dixon : "Processing Data for Outliers", International Biometric Society, Vol.9, No.1, pp.74-89(1953).
- [12] X. Du, Y. He, X. Yang, C. Chang, and H. Xie "Sketch-based 3D shape modeling from sparse point clouds", Proc. SPIE 12177, International Workshop on Advanced Imaging Technology (IWAIT) 2022, 121773K (2022).
- [13] J. Kanda, Y. He, H. Xie and K. Miyata, "Sketch-based City Generation Using Procedural Modeling and Generative Model," 2022 International Conference on Cyberworlds (CW), pp. 163-164, (2022).
- [14] H. Xie, K. Arihara, S. Sato, and K. Miyata. "Dualsmoke: Sketch-based smoke illustration design with two-stage generative model". arXiv preprint, arXiv:2208.10906, (2022).