

現実と VR 空間における高さに対する知覚・印象の比較検証に基づく VR デザイン

—VR 建築理論に向けた空間デザインの基礎研究—

Virtual reality design based on comparative verification about perception and impression for height in reality and virtual reality space

—A research on space design for virtual reality architectural theory—

○村上 雅也^{*1}, 横田 芙美子^{*2}, 山田 悟史^{*3}

Masaya Murakami^{*1}, Fumiko Yokota^{*2} and Satoshi Yamada^{*3}

*1 立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科

Undergraduate, Dept of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan Univ.

*2 立命館大学 理工学研究科 環境都市専攻 博士課程前期

Undergraduate, Dept. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan Univ.

*3 立命館大学 理工学部建築都市デザイン学科 任期制講師・博士 (工学)

Lecturer, Dept. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan Univ., Dr.Eng.

キーワード: VR, 空間デザイン, VR 建築, 空間知覚, 建築理論

Keywords: Virtual reality; Space design ; Virtual reality architecture; Spatial perception; Architectural theory

1. はじめに

現在 VR 技術は、没入感ある体験ができる技術として広く認知されるようになった。その契機は HMD デバイスの発展と VR 空間の制作技術の普及である。価格・技能の両面の制作コストが下がったことにより、多種多様な分野で“没入感”を利用した実験や体験が頻繁に行われるようになってきている。建築分野の例を挙げると、BIM/CG で作った設計段階の建築物を VR デバイスを通じて体験する、という例が挙げられる。これは現実空間における体験に近い空間体験を得ることで、印象やサイズ感を検討することを目的としている。また設計業務従事者による活用だけでなく、モデルルームの代わりに採用されるなど、クライアントに対するプレゼン方法としても一般的に広まりつつある。

このような社会背景においては、本研究は、制約が極めて少ないという現実空間とは全く異なる性質をもつ VR 空間に対応した設計理論の構築を長期目的としている。いわば、設計資料集成の VR 空間編の作成である。

2.1. 研究対象の着想に至った経緯と位置付け

本研究は VR 空間における高さの知覚に着目する。このような着想に至った経緯には筆者ら自身による制作体験がある。VR 空間にカフェを模したコミュニケーションスペースを制作した際、利用者の分身となるアバターの視線を利用者の視線に合わせて正しく設定したが、床や机からの高さ感覚や浮遊感があるといった意見が挙げられた。また調整を行うためにカメラの高さ変更した際、僅かに低くするだけでも机の大きさが変更前及び現実空間よりとても大きく感じたり、逆に僅かに高くするだけでも小さく感じるといった意見が挙げられた。VR 空間にお

いて視線の高さを変化させることによる空間知覚の変化は、現実空間において台に上がることで視線の高さを変えることで生じる変化と比して大きな変化であった。つまり「VR 空間における高さの知覚は現実空間と異なる」という仮説である。本研究はこの仮説の検証とその程度の把握を研究目的とする。

2.2. 現実の設計を前提とした事前検証ツールとしての VR

VR 空間を現実世界を設計するための事前検証ツールとしてとらえた場合、都市や建築の空間を構成している要素 (床、壁、柱、天井など) また机やイスなどの家具の寸法は人の体の大きさ、行動の特性から考えて形作られているため、要素に対する空間知覚は検証は重要である。この検証において空間知覚の誤差の把握が非常に重要である。これを把握していないと、意図していない検証結果につながる場合がある。例えば VR 空間で適切な高さだと感じその高さにて施工したが、施工後に実際に空間を体験したら適切ではなかった、という場合である。

2.3. 現実と融合する新たな生活空間としての VR

また今後は、現実空間での施工を前提とせず VR 空間内そのものの建築をデザインするという新たなデザインフィールドが拡大して行くと考えられる。事実、従来からあるゲームや映画の背景空間のデザインに加えて、Vtuber のイベント会場のデザイン、VR オフィス^{注2)}の設計といった新たなフィールドが広がりつつある。このような新たなデザインフィールドはさらに拡大すると考えられるが、設計に資する建築理論は当然ながら無くデザイナーの感覚、若しくは現実世界の建築理論の感覚的な転用に頼っているのが実情である。

このように VR 空間を現実世界と融合する新たな生活する空間ととらえた場合にも空間知覚は重要である。例えば前述した VR オフィスである。现阶段で人々は VR 世界を現実世界の延長として認識している側面があるため、現実世界の空間知覚と違和感が大きいことは望ましくない。例えば VR 空間で椅子に座った時の机からの高さ感覚は、現実世界の高さ感覚と同一であることを望む。そのため誤差があるのであれば誤差を把握し、机の高さを容易に変更可能という VR 空間の利点を活かして自動調整するような建築理論があることが望ましい。

加えて、VR オフィスで仕事をする際であっても現実世界では机を前にしてその机に手を載せていることも多いと考えられる。この時に手の身体感覚を通じて経験的に認知する高さ、VR 空間で視覚的に知覚している高さが異なる違和感が生じる。言わば非視覚的な高さ認知と視覚的な高さ知覚の不一致により身体保有感の喪失である。このようなことが生じないようにやはり自動調整するような新たな建築理論があることが同じく望ましい。

2.4. 既往研究と目的

空間知覚に関する研究において、長澤ら¹⁾²⁾³⁾は HMD を用いて高所における生理的ストレスの検討を行っており、馬淵ら⁴⁾は没入型 VR 空間での物体までの距離と視野角を変化させ空間知覚の精度検証を行っており、また筆者ら⁵⁾は、没入型 VR 空間がディスプレイといった既往の空間体験手法よりも現実空間と類似した知覚や印象を得られるか検証を行っている。しかし、これは水平方向（距離）に対する実験である。上記のように先駆的な取り組みはあるが本稿が対象とする高さについて検証した内容のものは少ない。

そこで本稿では、本章の内容をふまえ、現実空間と VR 空間における高さの空間知覚の違い、視覚的及び身体感覚の両者から検証することを目的とする。

3. 実験手法

本研究では、VR 空間と現実空間における空間知覚の対象を机の天板とした。また本研究では「現実空間と VR 空間における空間知覚の差」について二種の実験を実施した。前者は「現実空間の視覚に基づく空間知覚」との差であり、後者は「現実空間における身体的感覚を通じた経験的な空間認知」との差である。それぞれの意図と実験概要を下記に示す。

3.1. 実験 1：現実の視覚的な空間知覚との差（図 3）

人の空間知覚は視覚に拠るところが大きく、没入感も同様である。そこで実験 1 として、現実空間と VR 空間における高さの空間知覚の差を検証した。

◆実験内容：現実世界と VR 空間内において同一の高さの



図 1 VR 内の実験空間（実験 1）



図 2 現実の実験空間（実験 1）

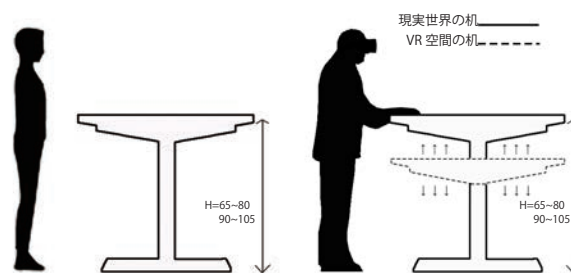


図 3 実験の説明図（左：実験 1、右：実験 2）



図 4 実験の様子（左：実験 1、右：実験 2）

机に対してそれぞれ高さを回答して貰う実験である。

◆実験空間：フリーアドレスのオフィスを想定した現実空間と同一の空間を VR 空間として作成した。それぞれの実験空間と図 1 及び図 2 に示す。

◆机の高さ水準：一般的な机及びスタンディングデスクの高さを参照し、座位は「65cm, 70cm, 75cm, 80cm」、立位は「90cm, 95cm, 100cm, 105cm」とした。なお机は水準間をスムーズ移動可能な白い昇降デスクを用意した。天板の

大きさは「1400 × 700」である。

◆実験手順：

- ステップ①：被験者の座位と立位の目線高さを計測し VR 空間のカメラ高さを調整する。
- ステップ②：現実空間と VR 空間（HMD の調整）をそれぞれ眺めて貰い空間に慣れて貰う。
- ステップ③：座位・立位いずれの姿勢にて開始する。
- ステップ④：現実・VR 空間のいずれかの実験を開始する。
- ステップ⑤：ランダムに机の高さを提示し回答を得る。
- ステップ⑥：同じ姿勢において他方の空間の実験を行う。
- ステップ⑦：実施していない姿勢においても同様を行う。
- ステップ⑧：ヒアリング調査を行う。

以上を 15 分以内で実施した。

3.2. 実験 2：身体感覚を通じて経験的な空間認知との差 (図 3)

人の空間知覚は視覚以外にもそれまでの体験にも基づいている。そこで実験 2 として、現実空間における身体感覚を通じて経験的に認知する高さ、VR 空間において視覚的に知覚する高さの差を検証した。

◆実験内容：現実空間の机に触れて貰いながら、その高さと同じと感じる高さに机を移動して貰った。

◆実験空間：机以外の物体、壁の凹凸や色のないプレーンな空間^{注1)}

◆高さ水準：実験 1 と同一である。

◆実験手順：

- ステップ①：VR を眺めて貰う。
- ステップ②：ランダムに机の高さを設定し触れて貰う。
- ステップ③：VR 空間の机を同一の高さと感じる位置に移動して貰う。
- ステップ④：実験者の操作 PC に表示されている高さを記録し実験を繰り返す。
- ステップ⑤：ヒアリング調査

以上を 10 分以内で実施した。なおどちらもモデリングソフトは Maya2018, ゲームエンジンは Unreal Engine 4.21.2, HMD は oculus rift を使用した。

4. 実験結果と考察

本稿では 8 名の大学生を対象に実験を行った。両者の結果を下記に示す。

4.1. 現実の視覚的な空間知覚との差

図 6 に観測結果を示す。現実空間 (R と表記) と VR 空間 (V と表記) の観測値をペアで示している。また R と V を結ぶ線は同一人物の同じ高さ (R/V の下に付記した数字が高さ) に対する回答値のペアを示しており、傾きが両者の差を表している。これを見ると右下の傾きが多いように視覚的に読み取れる。つまり全体的に現実空間よりも VR 空間において高さを低く感じている傾向である。こ

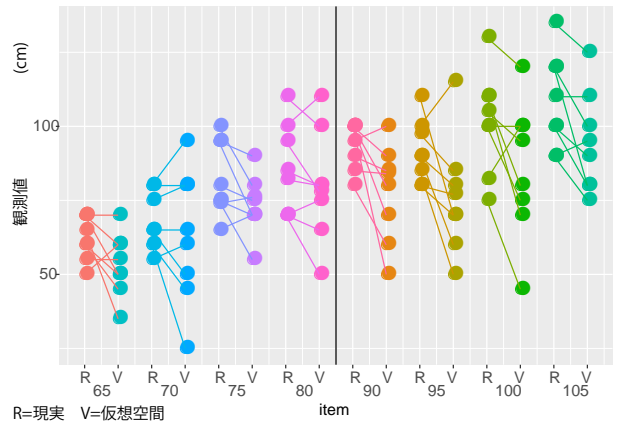


図 6 現実空間と仮想空間の感じ方の比較

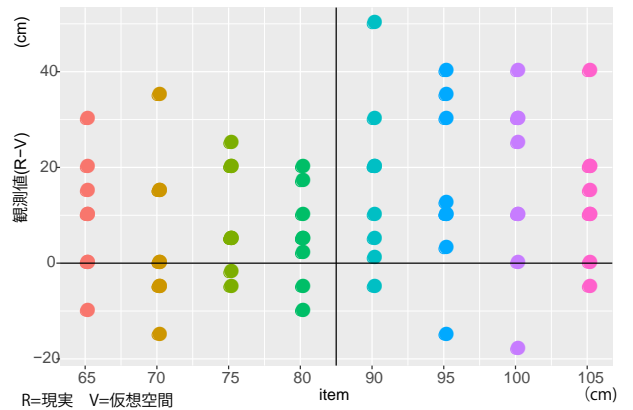


図 7 現実空間と仮想空間の感じ方の差

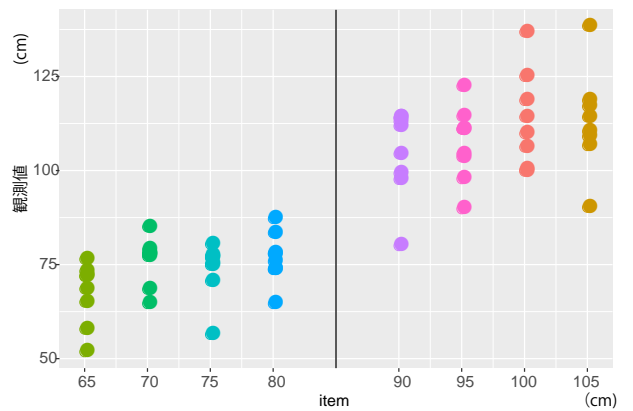


図 8 高さ設定ごとの回答値

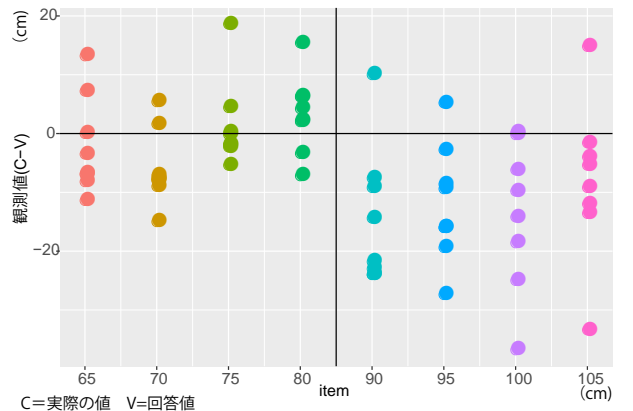


図 9 実際の高さと回答値との差

の差を図7に示す。プロットは各高さにおける差（現実空間の回答値からVR空間の回答値を引いた値）を示している。この値の分布をみると座位・立位のどの高さ設定においてもプラスの方向にプロットが多いことが分かる。

以上から、現実とVR空間で同じ高さの机を見ても、現実空間で感じる机の高さよりもVR空間で感じる机の高さのほうが低く感じる傾向があると考えられる。またその度合いは座位・立位において同程度である。

4.2 身体感覚を通じた経験的な空間認知との差

図8に観測結果を示す。プロットは各高さ毎の回答値を示している。これを見ると、全体的に右肩上がりである、座位と立位で傾きが違うことが視覚的に読み取れる。立位は座位よりも傾きが大きいうように読み取れる。次に正解値と回答値との差を図9に示す。これを見るとまずマイナスのプロットが多くかつ距離が遠いことからVRの回答値が実際の高さよりも高い傾向が読み取れる。次に、座位の差よりも立位の差の方が大きいことも読み取れる。

以上から、全体的にVRにおいて視覚的に認知する高さは、身体感覚を通じた経験的な高さ認知よりも高く、その度合いは座位と立位という目線の高さによって異なり立位の方がより高くVR空間で知覚していると考えられる。

6. まとめと提案

以上のように「VR空間における高さの知覚は現実空間と異なる」という仮説を検証した。下記にまとめる。

・現実の視覚的な空間知覚との差

現実空間とVR空間で感じる机の高さには差があり、VR空間の方が低く感じる傾向がある。その度合いは座位・立位で同程度である。このような知見は現実空間での事前体験ツールとしての検証結果を解釈するための知見として有効である。具体的には、VR空間内での回答値は約20cm低いことを前提に解釈することが有効と考えられる。

・身体感覚を通じた経験的な空間認知との差

VR空間において視覚的に知覚した高さ、現実世界の非視覚的に認知した高さには差があり、VR空間内の高さ知覚の方が高い。またその度合いは座位と比して立位の方がより高く知覚している。このような知見はVR空間の物体の自動高さ補正という建築理論の根拠としても有効である。具体的に、座位の場合はVR空間内の高さを約10cm、立位の場合は約20cm高く自動調整することが身体所有感を高くする場合には有効であると考えられる。

今後は被験者を増やすこと、推測統計やベイズ推定により結果を検証することを課題とする。被験者数の増加により、被験者の目線の高さを独立変数、回答値を従属変数とする回帰分析により両者を定式化することで補正値を目線の高さに応じて連続的に算出可能とすることも課題とする。これにより、ユーザー情報を入力すると検

証結果の補正やVR空間の物体が自動調整されるようなシステムを目指したい。

[注釈]

注1) 机が上下動する際、周りの机が上下動しないため見ている人に机がどれほど上下動しているかヒントを与えてしまうためである。

注2) 従来の会社に出勤して集まって仕事をするといったものから、VR内で集まって仕事をするといったまさに新時代の働き方ともいえるものである。

[参考文献]

- 1) 長澤夏子, 馬淵大宇, 渡辺仁史: 高層の窓際における視界の遮蔽率と高所ストレス - 高所ストレスの建築計画学的研究 その1-, 日本建築学会技術報告集 第76巻 第662号, pp.741-746, 2011.4
- 2) 馬淵大宇, 長澤夏子, 斎藤純平, 渡辺仁史: 高層における窓際デザインの身体安定感とストレスの関係 - 高所ストレスの建築計画学的研究 その2-, 日本建築学会技術報告集 第77巻 第676号, pp.1319-1324, 2012.6
- 3) 馬淵大宇, 長澤夏子, 渡辺仁史, 新田かおる, 元岡展久: モーションキャプチャシステムとHMDを組み合わせた没入型VRシステムを用いた生理学的高所ストレスの推定精度の検証, 日本建築学会技術報告集 第19巻 第43号, pp.1073-1078, 2013.10
- 4) 馬淵大宇, 吉岡陽介, 藤井皓介, 遠田敦, 佐野友紀: 没入型仮想環境における距離感の精度に影響を与える要因の検証, 日本建築学会技術報告集 第23巻 第53号, pp.223-228, 2017.2
- 5) 山田悟史, 北本英里子, 神長伸幸, 及川清昭: 没入型仮想空間における空間知覚の研究 - パーソナルスペースの検討を想定した距離の知覚と心理評価を対象として -