



# HMD を用いた建築・都市の空間設計に関する研究

北本英里子<sup>1)</sup>, 山田悟史<sup>2)</sup>

1) 立命館大学 総合科学技術研究機構 (〒 525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

2) 立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科 (〒 525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

**概要:** 没入感型のヘッドマウント (以下, HMD) が普及し, 仮想現実空間を容易に体感することができるようになった。一方で, 建築や都市の空間を設計する際に模型に加えて, ディスプレイ上 (以下, DP) や HMD を用いて設計を検討しているが, 現実空間と異なった印象を受けるという事例がある。そこで本研究では建築・都市空間を設計する際に, 仮想現実空間に対して没入感が得られる手法を検討するため, HMD を用いて知覚の検証を行う。

**キーワード:** 建築空間, 建築設計, 空間知覚, パーソナルスペース

## 1. はじめに

建築・都市空間は, 人の認知や行動に影響を与えており, 空間の構成要素によって, 認知や行動を操作することができる。空間を検討する際には, 3次元空間が用いられている。一方で, VR空間では, 空間の構成要素を容易に変えることができ, 設計者や施主にとって利用し易くなっている。しかし, VR空間内の建築・都市に対して, 正しく空間を知覚しているかという検証や知見は少ない。

そこで, 建築・都市空間を設計する際に, 仮想現実空間に対して没入感が得られる手法を検討するため, 現実空間, DP空間, HMD空間を用いて知覚の検証を行う。

## 2. 調査概要

調査項目は距離の知覚と心理評価である。カフェ空間のテーブルと椅子の配置の検討を想定した (図1, 図2)。距離の手がかりをできるだけ排除した空間で, 同一被験者に三種の実験<sup>注6)</sup>を行った。実験前に被験者にカフェ空間の画像を数枚教示した上で, 【実験①】人が座っているテーブルセットを移動 (被験者の視点を中心に同心円状に 0°, 30°, 40°, 70°, 90°) させ, 対人を知覚する距離 (何 m<sup>注1)注2)</sup> だと思うか) と空間の評価を回答, 【実験②】実験者がテーブルセットを対面から同心円状に移動させ, 「開放感を感じた時の距離」 (以下, 「圧迫感 - 開放感」) と 「対人が気にならなくなった時の距離」 (以下, 「気になる - 気にならない」) を回答してもらい, その時の実際の距離と角度を実験者が測定した<sup>注7)</sup>。

## 3. 実験の結果と分析

本稿では回答値と対応ある t 検定と効果量の算出を行い, 現実空間と DP 空間および HMD 空間との差異から, 現実空間との類似性を分析する<sup>注8)</sup>。

Eriko KITAMOTO, Satoshi YAMADA

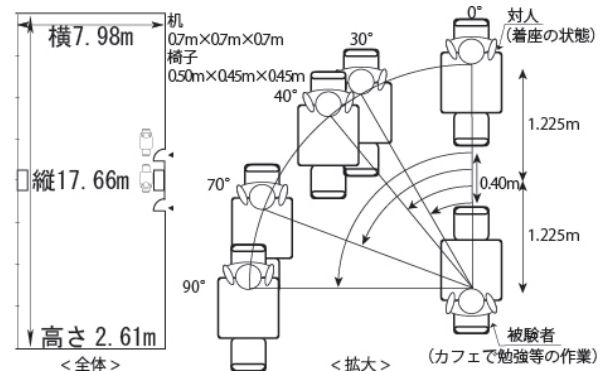


図 1: 実験空間の平面



図 2: 実験空間の CG パース (左: 0° 右: 40°)

本稿は参考文献 [3] をもとに加筆・修正したものである。

注 1) 単位はメートルで, 小数第二位まで答えてもらった。

注 2) 被験者には自身の目から, 対人の座っている位置までの距離を答えてもらった。

注 3) CPU Intel Core i7-8700K, グラフィックカード NVIDIA GeForce GTX 980, ディスプレイ 27 インチ (解像度 2560 × 1440) を使用した。

注 4) 注釈 3 と同じ PC と, 没入感型の HMD (解像度 2160 × 1200, 片目 1080 × 1200) を利用した。

注 5) 作成には 3dsMax2017 と UnrealEngine4 を使用した。

注 6) 被験者は建築学科の学生・院生 60 人にを対象とし, 三種の調査の順番は無作為に実験を行った。有効回答は 58 名である。

注 7) 距離の回答値と角度の実測値の両値を考慮して分析を行うために, 以下の数式を作成し算出した。

$$C = \left( \frac{X - X_R}{2.45} + \frac{\theta - \theta_R}{90} \right) \times \frac{1}{2}$$

C: 補正値  
 θ: 現実の角度で測定した (°)  
 θ<sub>R</sub>: DP または HMD で測定した角度 (°)  
 X: 現実の回答距離 (m)  
 X<sub>R</sub>: DP または HMD の回答距離 (m)

注 8) 本研究では 「DP 空間と現実空間との差」を 「DP-R」, 「HMD 空間と現実空間との差」を 「HMD-R」と記述する。

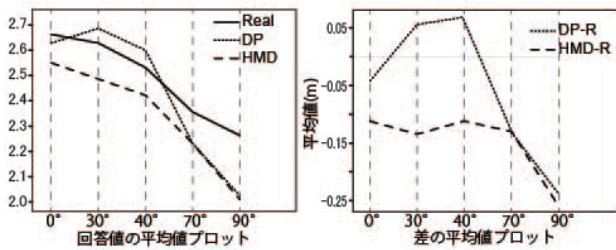


図 3：距離水準・体験空間別の回答値

濃 グレーの範囲が差の絶対値が DP-R の方が小さい範囲

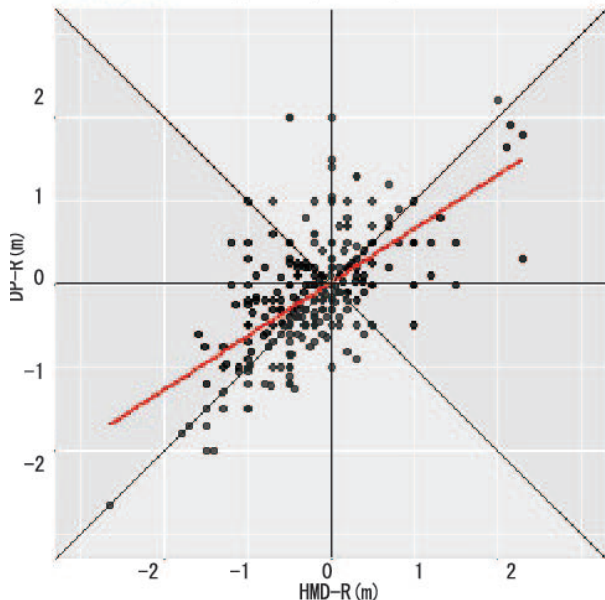


図 4：回答値の平均値と差の平均値（距離）

検証手順

- 距離水準毎の回答値を実験にて取得
- 差（「DP-R」・「HMD-R」）を算出
- 距離水準毎に「DP-R」及び「HMD-R」を正規化
- 正規化した値を「DP-R」・「HMD-R」内で被験者毎に平均化 (Avg<sub>DP-R</sub> と Avg<sub>HMD-R</sub>)
- Avg<sub>DP-R</sub> と Avg<sub>HMD-R</sub> の差得点の効果量の算出と対応のある t 検定
- 距離水準毎に観測値を用いて「DP-R」と「HMD-R」の差得点の効果量を算出

検証に用いた値の一覧

差得点の平均 (度)	効果量
0°	0.0714
30°	0.1907
40°	0.1803
70°	-0.0066
90°	-0.0195
全水準	
差得点の平均	効果量
正規化	0.0911
	0.2345

\*正規化は距離水準毎に最大値1、最小値0への変換  
\*表中で差得点と呼称しているのは(2)の差ではない

表 1：検証に用いた値と検証手順（距離の知覚）

3.1 【実験①】距離知覚 (図 3, 図 4, 表 1)

現実空間に対する DP 空間と HMD 空間の再現性の性能差を効果量として見ると、全体的な効果量が 0.2345 であり、DP 空間の方が HMD 空間に比べて再現性が高い。表 1 から角度水準毎に見ると、特に、30° で 0.3119 と 40° で 0.3146 となっており他の水準より高い。このことから、特に斜め前方において DP 空間の方が再現性が高い。また図 3 から、斜め前方向においては現実空間に対して DP 空間は距離を長く知覚し、HMD 空間は短く知覚する傾向にある。一方で、真横になるほど DP 空間も HMD 空間も短く知覚している。

3.2 【実験②】心理評価 (図 5, 図 6, 表 2)

図 6 の帰直線から、DP 空間と HMD 空間では現実空間の再現性が同程度である。加えて、図 5 の「圧迫感 - 開放感」では、それぞれの空間の値 (現実空間: 0.77, DP 空間: 0.62, HMD 空間: 0.63), 「気になる - 気にならない」では、それぞれの空間の値 (現実空間: 0.85, DP 空間: 0.66, HMD 空間: 0.64) と、DP 空間と HMD 空間の再現性精度も低い。

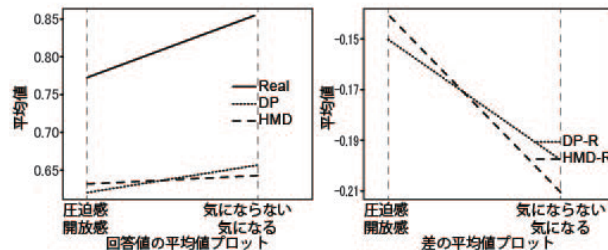


図 5：距離水準・体験空間別の回答値

濃 グレーの範囲が差の絶対値が DP-R の方が小さい範囲

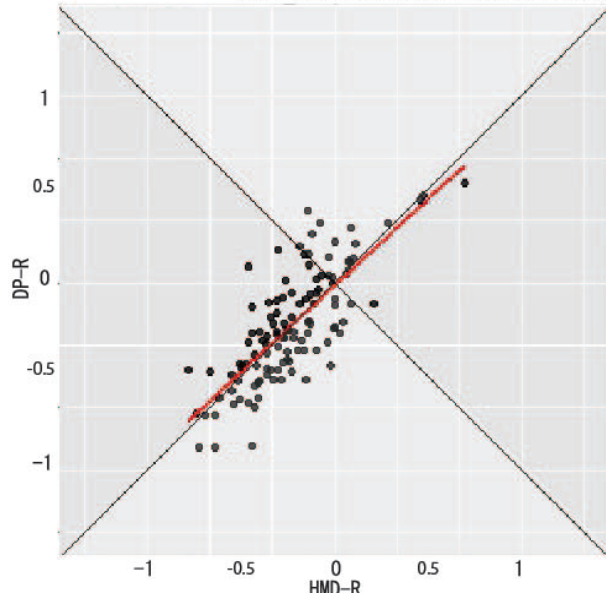


図 6：回答値の平均値と差の平均値（距離）

検証手順

- 質問項目毎の回答値を実験にて取得
- 差（「DP-R」・「HMD-R」）を算出
- 両項目の値を「DP-R」・「HMD-R」内で被験者毎に平均化 (Avg<sub>DP-R</sub> と Avg<sub>HMD-R</sub>)
- Avg<sub>DP-R</sub> と Avg<sub>HMD-R</sub> の差得点の効果量の算出と対応のある t 検定
- 質問項目毎に観測値を用いて「DP-R」と「HMD-R」の差得点の効果量の算出と対応のある t 検定

	差得点の平均	効果量
開放感	-0.0088	-0.0610
気になる	0.0128	0.0899
平均	0.0020	0.0165

表 2：検証に用いた値と検証手順（距離の知覚）

4. まとめ

本稿では、距離の知覚と心理評価から現実空間・DP 空間・HMD 空間の揭示手法に関する優位性の知見を得た。今後は現実空間との差異を軽減するための没入型空間の設計指標を提案する。

謝辞

本研究は、科研費基盤研究 (C) 特設分野研究「バーチャルリアリティ環境におけるオラリティの運用の検討」のもと、研究を行いました。ここに記して深謝します。

参考文献

[1] 柴崎美奈, 張衍義, 武田港 他: VR シアターにおけるパーソナルな鑑賞体験を支援する多人数ポインティング, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.20, No. 4333-344, 2015  
 [2] 山田悟史, 北本英里子, 神長信幸, 及川清昭: 没入感における空間の研究 - 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 - 日本建築学会技術報告集 第 24 巻第 58 号, 1303-1307, 2018 年 10 月  
 [3] 北本英里子, 山田悟史, 宗本晋作, 及川清昭: 建築空間における距離の知覚に関する研究, 第 22 回日本バーチャルリアリティ学会論文集 (2017 年 9 月)