

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—

A STUDY ON SPATIAL PERCEPTION IN IMMERSIVE VIRTUAL SPACE - PERCEPTION AND PSYCHOLOGICAL EVALUATION OF DISTANCE WITH CONSIDERATION OF PERSONAL SPACE -

山田悟史——*1 北本英里子——*2
神長伸幸——*3 及川清昭——*4

Satoshi YAMADA——*1 Eriko KITAMOTO——*2
Nobuyuki JINCHO——*3 Kiyooki OIKAWA——*4

キーワード：
VR, 空間体験, 空間知覚, 心理評価, ヘッドマウントディスプレイ (HMD)

Keywords:
Virtual reality, Space experience, Spatial perception, Psychological evaluation, Head mounted display (HMD)

In real space, 3D space seen on the display (DP space), and space seen on the immersive head mounted display (HMD space), the impressions of space and perceptions of distance are different. In this study, the t-test was carried out based on data obtained from experiments to clarify the difference of DP space and HMD space from real space. The results show that there is a significant difference between the DP space and the HMD space, and it became clear that the DP space gives a perception close to the real space.

1. はじめに

都市や建築の空間を構成している要素（床、壁、柱、天井など）の寸法や素材は、人の行動や印象に影響を与えている。ゆえに、空間を設計するには形態や構成要素を綿密に検討する必要がある。検討には、設計者及び関する人々が設計案の空間を体験するという手段が頻りに用いられる。コンピューター上の3次元空間内に設計案を作成し、様々な視点から空間を体験しながら設計案を検討するという方法も一般化してきた。このような空間体験はBIMの普及によりさらに一般化すると考えられる。加えて近年では空間を体験する方法として、仮想現実 (VR) や拡張現実 (AR) に対応したデバイスとアプリケーションが普及しつつある。本研究がテーマとするVR用のヘッドマウントディスプレイ (HMD) の利用においても、ゲームエンジンや対応アプリケーションの開発により、3次元モデルがあれば没入型仮想空間での空間体験が容易になりつつある。これらではこれまで一般的であった設計案の空間をディスプレイ上で見て体験するという手法と比較して、空間に没入したような体験が得られるとして注目されている。加えて、現在CG・BIMなどの3次元モデルはディスプレイ上で制作されることが多いが、設計者や施主がHMDを利用した没入型仮想空間で空間を作成する技術も開発が進められている。

上述のような設計プロセスとしての空間体験は、現実での空間体験・実際に竣工した際の空間体験と類似性が高いことが望ましい。設計プロセスにおける没入型仮想空間の利用に期待されることの一つは、このような現実空間での空間体験との高い類似性であると考えられる。このような意図から既に様々な利用が試行・実用されている。しかし「没入型仮想空間という新しい技術を用いて空間を体験した人は、設計に関する空間の要素に対して現実空間と類似した知覚や印象を得るのか」という基礎的な知見が希薄な側面がある。設計プロセスにおける空間体験として、没入型仮想空間という新技術を活かした空間体験が、現実空間での体験との類似性という観点から、既往の手法に対して一概には優位であるとは言えない。そのため、利点と欠点といった基礎的な知見に基づく体系的な位置づけが不明確なままに应用・実用が進んでいる可能性があると言える。

空間知覚に関する研究では、安益ら¹⁾は実寸大の空間と模型を用いて空間の明るさから受ける知覚の検討を行い、邊ら²⁾³⁾は現実空間と画像を用いて都市空間の圧迫感と開放感の検討を行っている。また長澤ら⁴⁾⁵⁾⁶⁾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⁷⁾は没入型仮想空間での物体までの距離と視野外角を変化させ空間知覚の精度検証を行っている。しかし、没入型仮想空間が、模型およびディスプレイといった既往の空間体験手法に対して、現実空間と類似した知覚や印象を得られるかを主題とした研究は少ない。先駆的な取り組み⁸⁾はあるが検証と知見は十分とは言いきれず、本稿と同様の内容は筆者が知る限り見当たらない。新たな技術の設計分野における有用な展開とさらなる発展には、新技術の感覚的な優位性の共有に加え、定量的な解釈による既往の手法に対する利点と欠点といった体系的な位置づけも必要である。

以上から本稿は、没入型仮想空間における設計に関する空間要素に対する知覚（距離）・印象（後述する心理評価項目）が、既往のディスプレイを用いて知覚する手法と比較して現実空間と高い類似性を有するのか、という視点から近年に普及しつつある新技術の優位性を基礎研究として検証することを目的とする。

以上から本稿は、没入型仮想空間における設計に関する空間要素に対する知覚（距離）・印象（後述する心理評価項目）が、既往のディスプレイを用いて知覚する手法と比較して現実空間と高い類似性を有するのか、という視点から近年に普及しつつある新技術の優位性を基礎研究として検証することを目的とする。

本稿は参考文献10)をもとに加筆・修正したものである。

*1 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)
(〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

*2 立命館大学 総合科学技術研究機構 研究員

*3 早稲田大学 人間科学部 人間情報科学科 助教・博士 (教育学)

*4 立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科 教授・工学博士

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

*2 Researcher, National Institute of Science and Technology, Ritsumeikan Univ.

*3 Assistant Prof., Faculty of Human Sciences, Waseda Univ., Dr. Education.

*4 Prof., Dept. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan Univ., Dr. Eng.

2. 研究概要

三種の異なる空間体験の提示手法を使って、同じ空間で同一の被験者実験を行い、三者の比較から現実空間での空間知覚との類似性を統計的に検証し優位性を考察する。三種の提示方法は、①現実の空間（以下、現実空間）、②平面ディスプレイ上に投影された空間（以下、DP空間）、③ヘッドマウントディスプレイ内に投影された没入型仮想空間（以下、HMD空間）である。調査項目は対象物までの距離の知覚と心理評価とし、得られた回答値の同一被験者間の差異について、傾向の把握と統計的仮説検定・効果量を用いた検証を行う。

2.1 被験者実験

調査項目は距離の知覚と心理評価である。パーソナルスペースを作るパーティションの位置の検討を想定^{注1)}し、実験空間を図1のように設定した。パーティション(0.9m*0.9m)を被験者から1.8m, 3.6m, 4.5m, 5.4mの4水準^{注2)}の距離に配置し、距離と心理評価に関する実験を行った。距離の知覚に関する調査項目では4水準それぞれでパーティションまでの距離を回答^{注3)}して貰った。心理評価項目ではパーソナルスペースの「開放感が十分だと感じるパーティションの距離(位置)」, パーソナルスペースの外側の人や物といった「対象物の気配が気にならないパーティションの距離(位置)」を回答して貰った^{注4)}。心理評価項目の調査方法は体験空間によって異なり、現実空間では実験者がパーティションを移動させ、被験者の合図で止め、止めた後に被験者にパーティションまでの距離を回答して貰った。なおこの際に実験者は実際の距離も測定した。DP空間とHMD空間では被験者自身がパーティションを移動できるシステムを構築し、止めたパーティションまでの距離を回答して貰った。なお実際の距離は自動で記録されるようにした。被験者は18歳~23歳の大学生および大学院生^{注5)}である。

体験空間の作成においては、距離を把握するための手がかりになる要素(目地やタイル、棚などの建具、机と椅子などの家具)ができるだけ目立たない場所を現実空間にて選定^{注6)}した後に、現実空間を模倣するようにDP空間、HMD空間を作成した。空間体験時の視野角は、馬淵⁷⁾らの研究の知見と予備実験から110°^{注7)}とした。

実験の手順としては、まずは被験者に1つの空間に2つ以上の機能がある場合(オフィスの事務作業空間と打ち合わせや談笑の場のような待合空間)を想定した実験であることを教示し、想定して貰いやすいようにオフィス空間の画像も提示した。次に、正面を向いた状態から周囲を見回して貰った後に実験を開始した。なお体験空間の順序、距離の4水準は被験者に実際の距離を開示せずランダムサイズして実施した^{注8)}^{注9)}^{注10)}。現実空間での実験の様子を図2に、DP空間・HMD空間で実験風景とリアルタイムレンダリング画面を図3に示す。なおHMD空間とDP空間は同じゲームエンジンを使用しているため同様のレンダリング品質である。

3. 分析

被験者は56名(男子34人,女子22人),有効回答は54名となった。本章ではまず回答値の概観を示した後に、対応のあるt検定と効果量算出を行う。それにより、三種類の異なる体験方法を用いて同じ空間で同一実験を実施した場合の結果の差異から、現実空間での空間知覚との類似性を分析する。

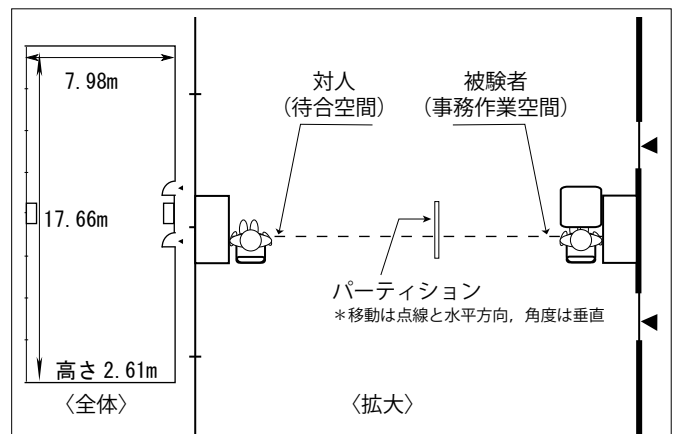
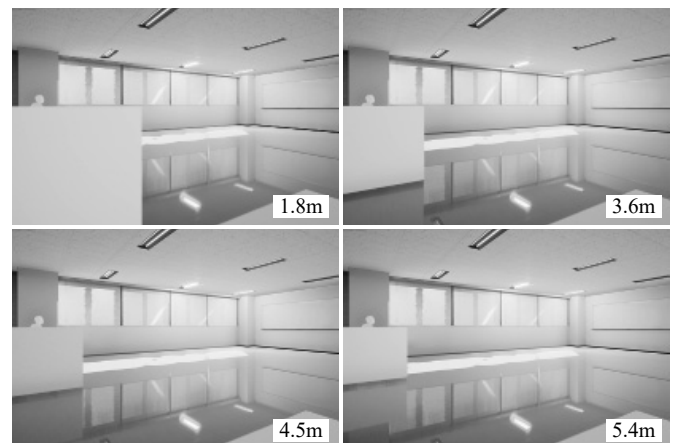


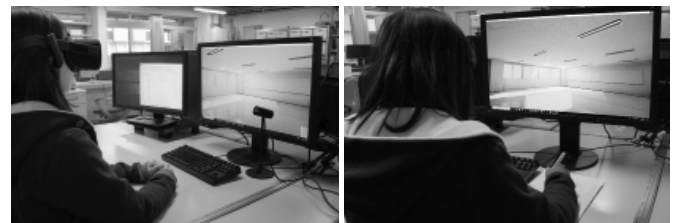
図1 実験空間の平面図



図2 現実空間の実験風景



リアルタイムレンダリングの様子



DP空間の実験風景

HMD空間の実験風景

図3 DP空間・HMD空間で実験風景とリアルタイムレンダリング

3.1 距離の知覚について

回答値の概観を図4に示す。設定した距離4水準に対して被験者が現実空間, DP空間, HMD空間で回答した値をプロットしたものである。図5に示した平均値から傾向を見ると、現実空間に対してDP空間・HMD空間ともに対象までの距離を短く知覚しており、距離の水準に関らずHMD空間の方が短い。次に本稿の主題である現実空間で

誤植のお知らせとお詫び
実験風景の写真が逆です

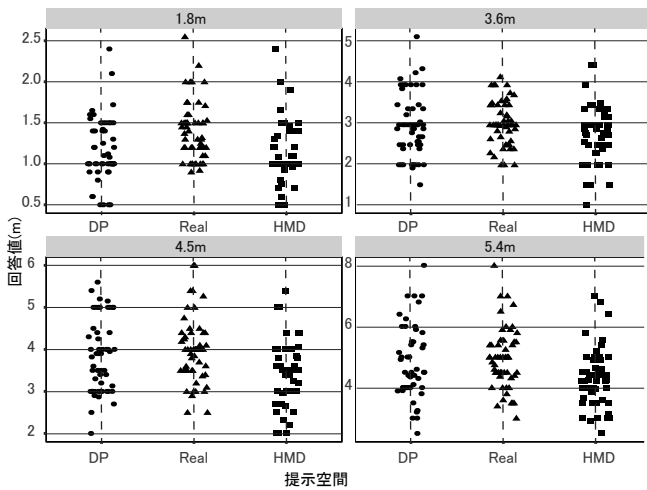


図4 距離水準・体験空間別の回答値

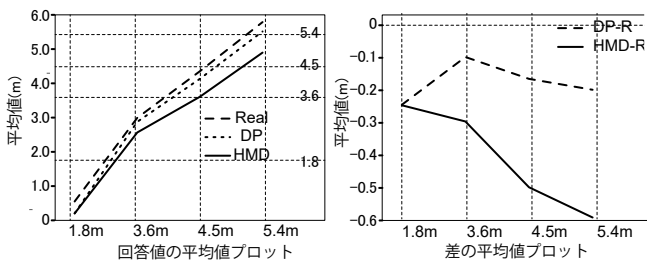


図5 回答値の平均値と差の平均値（距離）

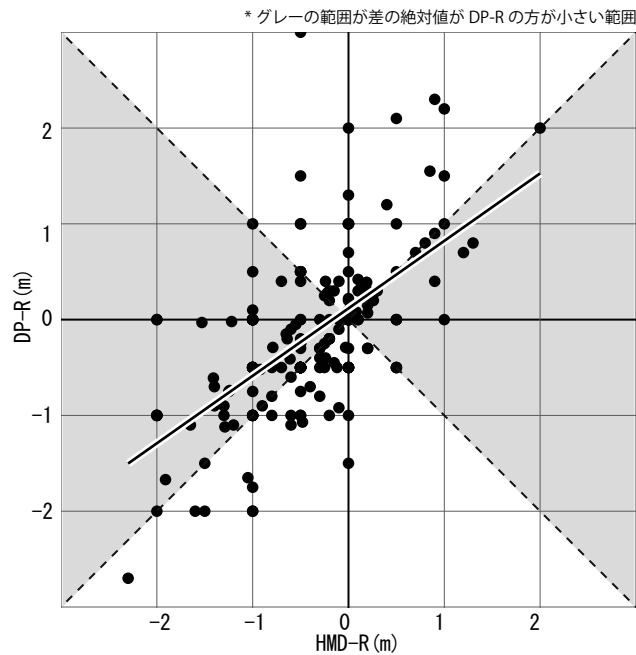


図6 「DP-R」と「HMD-R」のプロット（距離）

の回答値との差のプロットを図6に示す。「DP-R」はDP空間での回答値から現実空間での回答値を減じた値、「HMD-R」はHMD空間から現実空間を減じた値である。本稿は同一被験者の体験方法間の差（差得点）に着目しており、各プロットの位置が同一被験者の「DP-R」と「HMD-R」の差の関係を表している。グレーの範囲のプロットは差の絶対値が「HMD-R」より「DP-R」の方が小さく、白の範囲のプロットは「HMD-R」の方が差の絶対値が小さい。差の絶対値の大きさは現実空間との類似性であるため、両者の関係の傾向から優位性を読み

表1 検証に用いた値と検証手順（距離の知覚）

検証手順			
(1) 距離水準毎の回答値を実験にて取得			
(2) 差（「DP-R」・「HMD-R」）を算出			
(3) 距離水準毎に「DP-R」及び「HMD-R」を正規化			
(4) 正規化した値を「DP-R」・「HMD-R」内で被験者毎に平均化（ $Avg_{(DP-R)}$ と $Avg_{(HMD-R)}$ ）			
(5) $Avg_{(DP-R)}$ と $Avg_{(HMD-R)}$ の差得点の効果量の算出と対応のあるt検定			
(6) 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		
距離水準	差得点の平均(m)	効果量
1.8m	0.0015	0.0045
3.6m	0.2113	0.3175
4.5m	0.3554	0.5321
5.4m	0.4187	0.4664
全水準	0.2467	0.3595
正規化	0.0494	0.4426
		p値
		0.0020

* 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

取ることができる。関係の傾向を示すのが図中の回帰直線である。傾きをみると $y=x$ を示す斜辺より勾配が小さくなっており、「DP-R」と「HMD-R」は正の相関関係にあるが「DP-R」の方が「HMD-R」より値が小さい傾向を示している。つまり「DP-R」の方が現実空間との類似性が高く優位な傾向を示している。次に図5中の右側に示した差の平均値の傾向をみると、距離水準1.8mにおいては両者の差が微小だが、その他の水準ではHMD空間の方が差が大きい。またHMD空間の方がDP空間と比較して距離水準が長くなるに従い差も大きくなる傾向がある。

以上のような概観を示したデータに対して「DP-R」と「HMD-R」の差について統計的な分析を行った（表1）。観測値を距離水準ごとに正規化した後に被験者ごとに平均化した値を対象とした場合、差得点の効果量が0.4426、P値は0.0020となった。心理学の知見を引用すれば0.4426の効果量は中程度と言及できる。加えてその効果量は1%水準において有意である。つまりディスプレイの方が、距離を知覚する上で上述した程度に現実空間に近いと考えられる。距離水準ごとに効果量を算出すると、水準1.8mでは0.0045（観測値だと約0.0015m）、水準3.6mでは0.3175（観測値だと約0.2113m）、水準4.5mでは0.5321（観測値だと約0.3554m）、水準5.4mでは0.4664（観測値だと約0.4187m）となり、効果量でみても距離が長くなるに従い差が大きくなる傾向となった。

3.2 心理評価について

回答値の概観を図7に示す。設定した心理評価項目に対して被験者が回答した距離をプロットしたものである。図8から平均値の傾向を見ると現実空間よりDP空間の回答値の方が長く、HMD空間の方が短い。また体験方法に関らず「十分な開放感があると感じる距離」の方が短い傾向となっている。次に本稿の主題である現実空間での回答値との差のプロットを図9に示す。図6と同じく各プロットの位置が同一被験者の「DP-R」と「HMD-R」差の関係を表している。同様に図中の回帰直線から両者の関係の傾向をみると、 $y=x$ を示す斜辺より勾配が小さく、両者は正の相関関係にあるが、「DP-R」の方が「HMD-R」より値が小さい傾向を示している。つまり「DP-R」の方が現実空間との類似性が高く優位な傾向を示している。また距離の知覚と比較して $y=x$ との角度差が大きい（勾配が小さい）。これは「DP-R」と「HMD-R」の差が「距離の知覚」よりも「心理評価項目」の方が大きいことを示唆している。次に図8中の右側に示した差の平均値の傾向をみると、DP空間の方が「十分な開放感があると感じる距離」において差の絶対値が大きい、「対象となる人が気にならない距離」では同程度である。

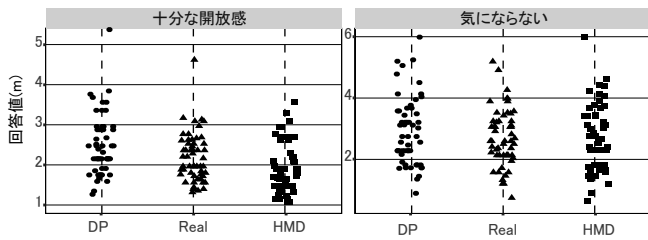


図7 質問項目・体験空間別の回答値

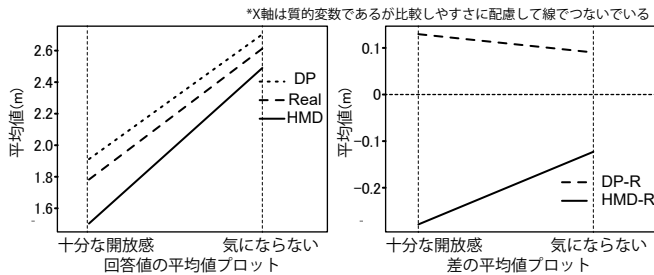


図8 回答値の平均値と差の平均値 (心理評価)

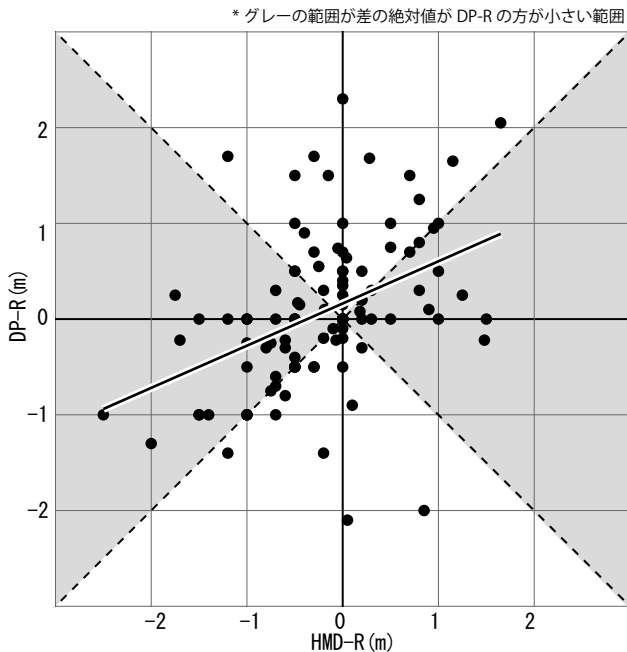


図9 「DP-R」と「HMD-R」のプロット (心理評価)

以上のような概観を示したデータに対して「DP-R」と「HMD-R」の差について統計的な分析を行った(表2)。両心理評価項目の被験者ごとの平均を対象とした場合、差得点の効果量が0.4467(観測値だと0.3109m)、P値が0.0018となった。中程度かつ1%水準において有意である。DP空間の方が空間知覚に基づく心理評価において上述した程度に現実空間に近いと考えられる。心理評価項目ごとに効果量を算出すると、「十分な開放感があると感じる距離」においては0.5257(観測値だと約0.4085m)、「対象となる人が気に入らない距離」だと0.2069(観測値だと約0.2133m)となった。続いて両項目の相関係数は0.1611と比較的小さいことから独立であると考え、両項目の対応のあるt検定をそれぞれ行った。「十分な開放感があると感じる距離」ではP値が0.0003、「対象となる人が気に入らない距離」だと0.1343となり、「対象となる人が気に入らない距離」においては有意といえない結果になった。

表2 検証に用いた値と検証手順(心理評価)

検証に用いた値の一覧			
	差得点の平均(m)	効果量	p値
開放感	0.4085	0.5257	0.0003
気に入らない	0.2133	0.2069	0.1344
平均	0.3109	0.4467	0.0018

検証手順
 (1) 質問項目毎の回答値を実験にて取得
 (2) 差(「DP-R」・「HMD-R」)を算出
 (3) 両項目の値を「DP-R」・「HMD-R」内で被験者毎に平均化(Avg_(DP-R)とAvg_(HMD-R))
 (4) Avg_(DP-R)とAvg_(HMD-R)の差得点の効果量の算出と対応のあるt検定
 (5) 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

*心理評価項目間の相関係数は0.1611と小さいため独立と想定
 *表中で差得点と呼称しているのは(2)の差ではない。(2)も差得点となるが表中での混同を避けるために差と呼称している。

4. 考察とまとめ

1) 距離の知覚について

距離の知覚について本稿の実験を実施し「DP-R」と「HMD-R」の差について検証した。検証の結果、その差は効果量として表現すると中程度であり、かつ統計的に有意な差であることが明らかになった。つまり現実空間での体験との類似性という観点において、DP空間の方が、HMD空間と比較して統計的に有意性を肯定できる優位性を中程度に有していると考えられる。またその程度は知覚を試みる距離が長いと大きくなると考えられる。

2) 心理評価について

空間知覚にもとづく心理評価について実験を実施し「DP-R」と「HMD-R」の差を検証した。検証の結果、その差は効果量で中程度かつ統計的に有意な差であることが明らかになった。つまり、距離の知覚と同様に、DP空間の方が統計的に有意性を肯定できる優位性を中程度に有していると考えられる。しかし優位性の程度と有意性は項目間で異なる。「十分な開放感のある距離」では統計的に有意性を肯定できる優位性を中程度に有していると考えられる。一方「対象となる人が気に入らない距離」だと程度は小さく、また統計的に有意性を肯定できる優位性があるとは言及出来ないと考えられる。

以上のように本稿ではHMDを用いた空間体験という近年の新しい技術の基礎研究として、空間知覚における優位性について新たな事実を明らかにした。それにより、体系の一旦ではあるが位置づけを提示した。HMDを用いたVR空間にはこれからもさらなる技術発展と普及が期待される。設計者や施主のVR空間を用いた設計案の空間体験を活用した空間デザインは、技術・デバイス面からはさらに一般化すると考えられる。また空間体験そのものが建築分野の新たな空間デザインの対象になる可能性もある。しかし本稿では、必ずしも既往のディスプレイを用いた空間体験よりも優位に現実近く空間を知覚している訳ではないという体系的な位置づけが明らかになった。当然のことではあるが使い分けが有用である。本稿は例にすれば、特定方向で視認可能な対象に対する知覚の場合は、ディスプレイによる空間体験の方が優位である。しかし本稿はHMDを用いたVR空間の空間デザインでの可能性を一概に否定するものではない。本稿の空間体験には、VRの利点である周囲を見回し動作による空間知覚という利点が積極的に活かされていない。そのため本研究は3枚の壁に囲われたブースについて類似の実験を実施中である。この結果を検証して体系的な位置づけを拡充することを今後の課題とする。また本稿は三種の提示空間(現実空間・DP空間・HMD空間)における知覚・印象の比較が主題であったため、パーティションまでの「実際の距離」と回答値の比較分析を行わなかった。ただし、パーティションまでの実際の距離並びに距離水準ごとの心理評価値^{注4)}を実験で取

得している。よって、この両者の分析を今後の課題とする。これらに加えて、被験者属性の拡大による想定する母集団の拡大、距離をさらに長くした場合の効果量の変化、心理評価項目の追加、パーティションのバリエーション等についても、実験の実現性の問題はありますがこれらも課題とする。

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」(代表:神長伸幸, 研究番号 17KT014)の支援のもとで行われたものです。ここに感謝の意を表します。また被験者の皆様, 作業補助者, アドバイスを頂いた先生方に深謝を申し上げます。

注釈

- 注1) このような想定は、設計時の没入型仮想空間を用いた設計者・利用者の空間体験の一例には、オフィスや公共空間において閉鎖型では無い形式のパーソナルスペースを確保するためのパーティション位置の検討があり得ると考えたためである。実験時にはこれを反映して被験者に場面設定を想起して貰うためにオフィス空間などの写真を提示した。なお実験空間にも複数人の人を配置することも検討したが、被験者ごとの人に対する好みが着目している観測項目と交絡しないように一人とした。
- 注2) 距離の4水準の具体的な設定においては、E・T・ホールのパーソナルスペースの距離帯の分類(参考文献9)、柱割、日本での設計において頻繁に用いられる0.9mグリッドを参考に設定した。1.8mは知らない人同士で会話が成り立つ「社会距離」の中の「近接相」の範囲(1.2m～2m)、3.6mは商談や交渉の場で用いられる「社会距離」の「遠方相」(2m～3.5m)の近似値、4.5mと5.4mは講演会で用いられる「公共空間」の「近接相」(3.5m～7m)の範囲である。4.5mは0.9mの倍数に合わせて設定し、5.4mは0.9mの倍数で近接相の中間付近の値である。
- 注3) 距離の知覚に関する回答はメートル単位で小数点2桁以内で回答を依頼した。心理評価項目のパーティションまでの距離の回答も同様である。本稿では分析を行っていない「実際の距離」は現実空間ではメートル単位で小数点2桁で計測し、それ以外はシステム上でミリメートル単位で高い精度で記録されている。
- 注4) 4水準それぞれでパーソナルスペースの広さに圧迫感があるか/開放感があるかと、パーソナルスペースの外側の気配が気にならないか/気になるの5段階評価も実施したが本稿では割愛する。
- 注5) 使用したHMDは眼鏡を装着した上から装着することも可能であるが、レンズと目の距離が近くなったりフレームが視野に入る場合があるので、眼鏡装着者以外を対象者とした。
- 注6) 可能な限り距離の知覚の手掛かりになる空間要素がないように実験空間を設定したが、柱の露出がない空間を現実の実験空間として用意することが極めて困難であった。このため実験空間で被験者は柱を視認することができる状態である。柱の一般的なスパンが距離の知覚の手掛かりとなり、特にパーティションまでの距離の最大値の手掛かりになった可能性がある。最大値は本稿の主題ではないがデータの読み取りにおいて留意が必要である。
- 注7) 馬淵らの先行研究(参考文献7)において、視野角の上限を111°とした場合、視野角の違いが視対象の距離の知覚に与える影響は小さいと考えられる知見が示されている。空間体験という観点からは、DP空間・HMD空間の視野角は被験者がVR酔いに代表される強い違和感を感じない範囲で空間を認識しやすいように広角であることが望ましい。以上から本稿では110°とした。上述の先行研究と視野角設定の理由に加え、本稿でも、視野角を60°から110°の範囲で変化させて被験者に空間を提示した際の違和感を問う予備実験を実施し、110°が一番違和感がないという回答を得ている。
- 注8) 現実空間では会議室の壁際中央の柱の横に机と椅子を用意した。一方の壁際の椅子はパーソナルスペースを想定し被験者が着座する椅子であり、もう一方の壁際の椅子は実験補助者が実験刺激として着座する椅子である。実験開始に際しては、想定場面の写真を教示し、正面を向いた状態から首を振って周囲の見回しを行って貰った。回答は実験者の説明に応じて質問用紙に被験者自身が記入する形式とした。開口部のブラインドは調査時間帯によって空間の明るさが変化しないように閉めた。

注9) DP空間の実験では使用した会議室の寸法と素材を使用しCGを作成し(3dsMax2017とUnrealEngine4)、リアルタイムレンダリングの画面をディスプレイ(27インチ(解像度2560*1440))に表示した。ディスプレイは机の上に設置し、被験者は椅子に着席し視点の高さとディスプレイまでの距離を調整した状態で実験を行った。実験開始に際しては想定場面の写真を教示し、キーボードの「←」「→」「↑」「↓」ボタンによる被験者自身のカメラ操作により周囲の見回しを行って貰った。回答は実験者の説明に応じて質問用紙に被験者自身が記入する形式とした。DP空間とHMD空間において、被験者と逆側に配置した人のオブジェクトは模様や凹凸を持たない反射を抑えたマネキンのような白い人型3次元モデルである。

注10) HMD空間のCGはDP空間と同様である。被験者は椅子に着席し、HMDを装着し視点の高さを調整した状態で実験を行った。実験開始に際しては想定場面の写真を教示し、首振り動作により周囲の見回しを行って貰った。回答は実験者の説明に応じて被験者が口頭で回答し、実験者が記入する形式とした。PCのスペックはCPUはIntel Core i7-6700、グラフィックボードはNVIDIA GeForce GTX 980(コアGM204、プロセス28nm、CUDAコア2048、コアクロック1126-1216MHz、メモリ容量4096MB、メモリクロック7010MHz)、システムメモリは16G、ビデオ出力はHDMI、USBポートはUSB3.0、ヘッドマウントディスプレイはOculus Rift(解像度2160×1200(片目1080×1200)、リフレッシュレート90Hz、トラッキングセンサーはアウトサイドイン方式)を使用した。強いVR酔いを申告した被験者はいなかった。

参考文献

- 1) 安益圭祐, 永松雄大, 山口秀樹, 加藤未佳, 原直也, 三木保弘, 吉沢望: 縮尺の異なる空間における明るさの感じの違いに関する検討, 日本建築学会学術講演梗概集(環境工学I), pp.405-406, 2014.9
- 2) 邊敬花, 吉澤望, 宗方淳, 古賀章幸, 平手小太郎: 現場評価による圧迫感と開放感の評価指標の検討 - 都市空間における圧迫感と開放感に関する研究 その2 -, 日本建築学会環境系論文集 第75巻 第653号, pp.553-559, 2010.7
- 3) 邊敬花, 宗方淳, 吉澤望, 古賀章幸, 平手小太郎, 黄泰然: 画像実験による圧迫感と開放感の評価指標の検討 - 都市空間における圧迫感と開放感に関する研究 その2 -, 日本建築学会環境系論文集 第76巻 第660号, pp.107-113, 2011.2
- 4) 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
- 5) 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
- 6) 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
- 7) 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
- 8) 馬淵大宇: VRを用いた建築設計手法に関する基礎的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.507-508, 2017.8
- 9) Hall, E. T. (日高保敏隆ほか): かくれた次元, みすず書房, 1970
- 10) 北本英里子, 山田悟史, 及川清昭: HMDを用いた空間知覚に関する研究 - 空間の奥行きを対象とした被験者実験 -, 第39回情報・システム・利用・技術シンポジウム, pp.169-172, 2016.12
- 11) 北本英里子, 山田悟史, 及川清昭: HMDを用いた空間知覚に関する研究 - 空間の囲われ感を対象とした被験者実験 -, 日本建築学会, 学術梗概集, pp.17-18, 2017.7
- 12) 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予稿集, 2017.9
- 13) 大久保衛亜, 岡田謙介: 伝えるための心理統計 - 効果量・信頼区間・検定力 -, 勁草書房, 2012.1