垂れ壁の寸法や配置が仮想空間における空間中心位置の把握に与える影響

INFLUENCES OF SIZES AND POSITIONS OF HANGING WALL
ON PERCEPTION OF SPATIAL CENTER IN VIRTUAL REALITY SPACE

高橋 勇人*, 吉岡 陽介**

Hayato TAKAHASHI and Yohsuke YOSHIOKA

This study aims to reveal influences of sizes and positions of hanging wall on perception of spatial center in immersive virtual space. In experiments, subjects wearing a wide-view head-mount-display were requested to move to a subjective central position of several virtual square rooms, on each of which a hanging wall was presented with specific size and position. Results indicated 1) Subjective central position could move backward from hanging walls by presenting hanging walls. 2) Subjective central position would move back more from hanging walls as the increasing heights of the hanging walls.

Keywords: Spatial Center, Virtual Space, Head-mounted-Display, Hanging Wall, Perception of Spatial Configuration

空間の中心, 仮想環境, ヘッドマウントディスプレイ, 垂れ壁, 空間形状の認識

1 研究背景

1.1 はじめに

日常生活をしていく上で人間は、様々な形状の空間を利用している。住宅の居間、職場の事務空間、学校の教室など、合目的に作られた空間の多くは、それぞれの用途に応じた必然的な空間形状をもっている。

空間内での人間の行動に影響を与えるこうした空間形状はしかし、界壁や床など、人間の行動範囲を物理的に制限する要素によってのみ規定されるものではない。床のテクスチャ、壁面の凹凸、照明照度の差など、微細な空間要素がつくり出す心理的境界が重なり合い、空間内での人間の行動範囲を緩やかに分節することで、空間固有のふるまいや行動規範が生み出されている。

個々の空間要素が作り出す心理的境界の特性を理解し、室空間内に計画的に配置することで、物理的には1つである室空間を適切に分節し、より多彩な利用を促すことが可能になると考える。

本研究では、そうした空間要素のうち、垂れ壁のもつ心理的境界効果に着目する。垂れ壁が天井面に付加されても、人間の物理的な行動範囲は大きくは制限されない。しかし垂れ壁によって、室空間内にいる利用者の視線は部分的に遮られる。矩形の空間であれば、天井の四隅や天井と壁の境界の一部が見えなくなり、室空間の全体像がつかめなくなる。このような状況は空間形状の認識に少なからぬ影響を及ぼし、その空間でのふるまいを変化させると考える。

1.2 各種の空間要素が空間形状の認識に及ぼす影響

本研究では、垂れ壁の寸法や配置が空間形状の認識に及ぼす影響を検証する。各種の空間要素が空間形状の認識にどのような影響を及ぼすかについては、従来、多くの実験的研究が行われてきた。

内田の研究¹⁾では、室空間に家具を配置したことによって生じる空間の欠損効果を検証しており、家具の個数より、家具の置き方による影響のほうが大きいとした。同時に床面積や天井高など形状の異なる空間の見た目の容積を数値で回答させており、物理容積が等しい場合、床面積が小さく断面が縦長の室空間の方が、また長方形よりも正方形平面の方が容積を大きく感じられるという結論を得ている。

込山らの一連の研究²⁻⁵⁾では、「床面積を小さくした場合の容積の減少分を、天井高を高くすることで補うことの可能性」の検証をしている。形状が異なる2つの空間の知覚される容積を比較した結果、等容積であっても床面積の狭い、縦長断面の空間の方が最大10%大きく知覚される傾向があるとした。また、床段差が室空間の分節に及ぼす影響についても検証しており⁶⁾、床段差の差が450mm以上になると、空間は2つに感じられるようになるとしている。

橋本ら⁷⁾や奥井ら⁸⁾は、段差天井の段差幅や位置が室空間の印象評価に与える影響を検証している。印象評価中「分節感」に関する評価から、段差天井の段差幅が大きくなるに従い空間を2つに感じる傾向が強まるとしている。

* 千葉大学大学院工学研究科建築・都市科学専攻 博士前期課程
** 千葉大学大学院工学研究科建築・都市科学専攻 准教授・博士(工学)

Grad. Stud., Graduate School of Engineering, Chiba University
Assoc. Prof., Division of Architecture and Urban Science, Graduate School of Engineering, Chiba University, Dr.Eng.

これらの研究結果から、家具、床段差、段差天井といった空間要素が、人間の空間形状の認識に影響を与えていることが分かる。本研究では、こうした空間要素の一つとして、垂れ壁を扱う。

段差天井や床段差のような空間要素では、その付加によって空間の物理的な容積が変化する。しかし垂れ壁であれば、空間を見通す視線が部分的に遮られるだけで、利用できる空間の容積そのものは大きくは変化しない。すなわち、人間の物理的な行動範囲を制限することなく、空間の利用目的に応じた適切な分節と使い分けを促すことができるのである。

1.3 空間分節要素としての垂れ壁

近年、実際に住宅やオフィスに垂れ壁をデザインとして用いて空間の使い分けを実践している事例がある⁹⁻¹⁷⁾。住宅に垂れ壁を用いた事例では⁹⁾、垂れ壁で囲まれた内側をLDK、外側を土間的な空間とし、利用者の居場所や姿勢によって空間の感じ方を変化させる提案がなされている。またオフィスに垂れ壁を用いた事例では¹⁰⁾、カフェテリアや会議室などで新しいコミュニケーションや空間の利用を生み出されるように計画されている。こうした先進の事例における垂れ壁は、防煙垂れ壁や構造上の梁など、空間の統一性を犠牲にしながら消極的に付加されてきた旧来の垂れ壁とは異なり、空間全体の統一性を保ちながら機能的に分節するためのデザイン要素として積極的に利用されている。

本研究では、こうした空間分節要素として設けられる垂れ壁を念頭に、天井面から垂れ下がり、かつ床面に接していない壁面ヴォリュームを、「垂れ壁」と総称することとし、住宅やオフィスといった小規模な空間における「垂れ壁」の心理的効果を検証する。住宅やオフィスなど、界壁で分断するには狭すぎる比較的小規模な空間においてこそ、垂れ壁による空間分節が大きな効果を発揮すると考えるからである。「垂れ壁」の寸法や配置の変化が、人間の空間形状の認識に及ぼす影響を明らかにすることで、空間分節要素としての垂れ壁の価値を再認し、空間デザインへの使用指針を提示したい。

1.4 空間形状の認識と空間中心

若山らによる屋外空間の「まとまり」評価^{18,19)}では、「まとまり」という言葉を評価軸として用いることで、空間を、界壁に囲まれた物理的範囲としてではなく、心理的な広がりとして評価させることに成功している。実験では、対象として選定した屋外空間に、いくつかの評価地点を指定し、それぞれの地点から見える空間の「まとまり」を平面図と写真の上に記入させ、複数の被験者データを重ね合わせることで屋外空間の心理的な広がりを定量化している。

実験の結果、各地点から見える空間要素の有無が、「まとまり」の認識に影響を与えていることが明らかになった。特に、屋根や下がり天井など高さ方向の広がりを制限する空間要素がある場合は、制限された下の部分の空間が一つのまとまりとして認識され、逆に、高さを制限する空間要素がない場合は、評価地点から見える空間のうち平面的に最も広い空間が一つのまとまりとして認識されていることが明らかとなった。屋外空間の領域分析において「まとまり」という新しい評価軸を導入したことは重要な着眼であり、参考としたい。

本研究では、若山らの「まとまり」研究における心理的な空間形状の評価軸のひとつである、「空間中心」を取り上げる。空間中心とは、空間を利用する者がさまざまな与件を総合的に判断した上で把

握する、心理的な空間の中心位置のことである。各種の空間要素を配置することで、利用者が「まとまり」として捉える心理的な空間の形状が変化するのであれば、心理的な空間の中心位置も、その空間形状に応じた位置へと移動すると考える。

さらに、この空間の中心位置が、空間の幾何学的な空間中心に重なりとすれば、その推移から逆算して、利用者によって認識される空間形状の変化を推定し、各種の空間要素が分節にもたらす効果を定量化することも可能である。

また本研究では、実験空間における空間中心を、実際にその中を歩き廻りながら探し出し、最後にその位置に立ち止まることで被験者自身にその位置を確定してもらう。若山らのまとまり計測が、空間の外に視点を置いてひろがり进行评估するものであったのに対し、空間の中に身を置いて微調整しながら中心位置を探し出してもらうことで、空間要素の取捨による微細な空間形状の変化をより精緻に計測することができると考える。

1.5 仮想環境を用いた環境評価実験

情報技術の発達に伴い、汎用的なデバイスでも、より現実に近い仮想環境体験が可能になってきている。本研究では、Head-mounted-Display（以下、HMD）を用いて、仮想環境の中に被験者を没入させるかたちで環境評価実験を行う。

仮想環境を用いて環境評価実験を行うことの効果としては、以下の3つが挙げられる。

まず、仮想環境であれば、最低限の仮想環境提示装置さえあれば、どれだけ大規模な環境変化を比較する実験であっても、現実環境ほど大がかりな実験設備は不要である。また、現実環境での空間要素の変更に比べて、仮想環境での要素変更はPC操作1つで行うことが出来るため、実験時間を大幅に短縮し、被験者の身体的・精神的負担を低減することができる。さらに、仮想環境では、仮想環境内に提示する空間要素の寸法や配置などの各種プロパティを厳密な数値でコントロールすることができるため、正確な実験条件の提示・変更が可能である。

逆に仮想環境を用いて環境評価実験を行うときに問題となるのは、その現実環境に対する再現性であり、これまでに数多くの論考や検証が行われてきている。

吉澤らの一連の研究²⁰⁻²²⁾では、仮想環境における実空間再現性を評価するために仮想空間の高さ、幅、奥行などの寸法感について実空間と同様に再現できるかを検証している。

実験は、大型スクリーン、液晶テレビ、ノートPCの、いずれもCG映像を平面上に投影するタイプの提示装置を用いて実施されている。両眼視差による立体映像を画面に提示し、実空間との感覚の違いを比較評価させる。結果、仮想環境は、高さや幅を実空間と同様に再現されているが、奥行感など、室空間の広がりを感じづらいと結論づけている。

同様に、平面投影型の仮想環境提示方法を調査の対象とした研究として、横井ら²³⁾の仮想環境内での気分や寸法感の印象評価の研究もある。結論としては吉澤らと同じく、スクリーンを用いた仮想環境の提示方法では、奥行感を体感させるのは難しいとしている。

仮想環境の提示方法には、上記のようにCG映像をスクリーンなどに平面投影する方法²⁰⁻²³⁾のほかに、本研究で試みているような頭部装着型のHMDを用いる方法²⁴⁻³⁰⁾がある。

HMDを用いる利点としては、被験者の視覚を完全に覆うことができるため、平面投影に比べて被験者が感じる没入感が強いこと。眼球とディスプレイの位置関係が変わらないため、視点移動による視差が生じず、提示映像の感覚上のゆがみを常により小さく維持できることが挙げられる。

HMDを用いている研究としては、片山ら²⁵⁻²⁷が、縮尺模型と組み合わせた視環境シミュレータの有効性の検証を行っている。被験者に実空間を一定距離歩行させた後に、HMDを用いて映像のみを提示した場合、HMDを用いて歩行動作に連動した映像を提示した場合、実空間を再度歩行させる場合のそれぞれの提示方法において実空間で歩行した距離を再現させたところ、映像のみを提示する距離の知覚と比較して、歩行動作と連動した映像提示の方が、現実環境における距離の知覚に近いことから、歩行動作を加えた仮想空間の提示手法の有効性を確認している。

また、同様にHMDを用いた小野原や小場らの研究^{30,31})では、街路の印象評価実験において、街路空間のCADモデルを作成し、3軸角度センサーを組み合わせたHMDを用いて提示したところ、高い精度で寸法感などの一致が見られている。また現実感に関するヒアリングでは、すべての被験者から高い現実感があると回答を得ており、3軸角度センサーを組み合わせたHMDが仮想環境の体験装置として有効であることを確認している。

以上より、現実環境における寸法や距離の知覚が、HMDを用いた仮想環境内においてある程度正確に再現されているものと考えることができる。本論の検証はあくまで仮想環境に限定的なものではあるが、将来的な現実の空間設計への知見の援用の可能性も考慮して、本研究においても同様のHMDを用いた手法を採用することとする。

なお、HMDによる仮想環境提示に残された技術的な問題としては、被験者自身の身体が見えず臨場感が低下する原因になること。被験者の頭の動きに対し映像処理が遅れることから生じる「酔い」などが挙げられる。後者の問題について本研究では、高性能な3軸角度センサーと、より処理速度の速いワークステーションを映像提示に併用することで解決を試みるとともに、被験者には事前に実験中は急な頭部運動は避けるように指示をしている。

また本研究では、高精細カメラによる光学式トラッキングシステムをHMDと併用している。実験中の被験者の位置を、実空間の周囲に設置した高精細カメラによって追跡し、正確な3次元座標位置に合わせた仮想環境の映像をHMD内に提示することで、被験者は仮想環境の中を自分の脚で歩き廻っているような感覚を得ることができる。かつ、この光学式トラッキングシステムから得られる時系列の被験者の位置の変化は、被験者の歩行軌跡そのものでもあり、HMD映像の制御用以上に、実験データとしての豊富な情報をもつ。

実空間に、本研究で提示する垂れ壁のような遮蔽物を設置すると、カメラの画角内に死角が生じてしまい、死角となる範囲にいる被験者の座標を追跡できなくなってしまう可能性がある。このことから、光学式トラッキングシステムは実空間より仮想環境での使用に適したシステムであると言える。

2 研究目的

本研究では、矩形の仮想空間の中に、寸法や配置の異なる垂れ壁

図1 実験装置の概要

左：頭上からの俯瞰視点、右：実験開始位置からの視点

図2 仮想空間における垂れ壁の配置パターン

を提示し、被験者が認識する空間の中心位置の推移を測定する。そのことによって、垂れ壁の寸法や配置の違いが仮想空間における空間の中心位置の認識にどのような変化を及ぼすのかを検証する。

3 実験方法

本研究では、仮想現実技術を援用した被験者実験を行うことで、垂れ壁がもつ効果の検証を行う。実験の概要は以下のとおりである。

3.1 実験空間

実験は、C大学の実験室（幅7200mm×奥行9000mm）にて行った。VRソフトウェア：Vizard4.0（WORLD VIZ社製）を用いて、幅5400mm×奥行7200mm×高さ3000mmの仮想空間を作成した。仮想空間の寸法は、本研究において対象とする住宅、オフィスのような小規模な空間と被験者が現実の実験室における移動範囲とを考慮して設定した。天井と壁面は木目調、床はグレーのタイルをテクスチャとして割り当てている。本実験では、この仮想空間を基準空間とし、さまざまな寸法と配置で垂れ壁を乗算して提示する。垂れ壁には目地のあるコンクリートのテクスチャを割り当てている。

3.2 実験機材

被験者には、対角111度の広い視野角を備えたHMD（nVisor SX111:NVIS社製）を用い、仮想環境に没入してもらう。現実の実験室の四隅には、ポジショントラッキング用のカメラ4台（PPT-X:WORLD VIZ社製）が設置されており、実験中の被験者頭部の三次元座標を追跡する。

またHMD後部には3軸角度センサー（InertiaCube 2+）が搭載されており、被験者頭部の回転角を取得する。この被験者頭部の座標データおよび回転角データに対して、HMD内の仮想環境の映像を遅延なく同調させることで、被験者は仮想環境内を自らの身体で、歩き廻り見廻すことができる（図 1）。

3.3 教示

HMDを装着し仮想環境に没入している被験者に対し、「今、あなたのいる空間の中心まで歩いてください」との教示を与え、自身が感じる空間の中心に自らの足で移動してもらう。被験者が最終的に立ち止った位置の座標データを、その仮想空間に固有の中心位置として取得する。垂れ壁の有無や寸法、配置を変化させることによる中心位置の変異をもとに垂れ壁が空間形状の認識に与える影響を検証する。なお被験者は、仮想空間内を自由に周遊し見回してよいこととし、側壁や垂れ壁に故意に衝突するような行為のみを禁止事項とした。

4 実験 I

垂れ壁によって空間が視覚的に遮られると、被験者が認識する空間形状には変化が生じると考える。また垂れ壁の寸法や配置によって空間の遮られ方は少しずつ変わるが、この変化に応じて心理的な空間形状は変化し、空間の中心位置も移動すると考える。

実験 I では一連の研究の予備的な実験として、まず、仮想空間内に垂れ壁を提示することで、被験者の判断する空間の中心位置が、垂れ壁のない場合に比べて移動するかどうかを検証する。また垂れ壁の寸法や配置の変化に対して空間の中心位置がどのように移動するかを分析することで、空間の中心位置の移動パターンが、垂れ壁によって生じる心理的な空間形状の変化をどのように反映して

いるのかを考察する。

なお、本研究では、基準空間の長方形平面に対して短辺に平行な軸と長辺に平行な軸の2軸を設定し、それぞれ、被験者のスタート位置を基準として、「左右方向」と「前後方向」と呼称することとする。この呼称によって、垂れ壁を配置する方向と空間中心が移動する方向を規定する。実験中に取得する被験者頭部の位置座標は、基準空間の幾何学的な中央を始点にして、「左右方向」の右方向への移動が正の数値、「前後方向」の垂れ壁から離れる方向への移動が正の数値、として分析を行う。

4.1 実験 I の実験条件および被験者

被験者は、20代の大学生7名（男性5名、女性2名）とした。実験 I、II ともに被験者は、HMDの使用経験がない学生を対象とする。

垂れ壁の高さは、被験者の平均身長（表 1）と同程度の垂れ壁下部の「あき」寸法となる、高さ1300mm（「あき」1700mm）を基準として、上下に500mm変化させた、800mm、1300mm、1800mmの3段階のとし、それぞれを以下の5種類の配置パターンで提示する。

まず、基準空間の左右方向に垂れ壁を配置した「左右型」と、前後方向に配置した「前後型」に大別する（図 2）。

「左右型」では、左右壁面と垂れ壁両端との間に800mmの隙間を設けた配置（1種類）と、片端のみ左右どちらかの壁面に接し、反対側の壁面との間には1600mmの隙間を設けた配置（2種類）の、配置パターンがある。「左右型」では、いずれの配置パターンでも、垂れ壁の幅は3800mmであり、基準空間中央から前後方向+1600mmの位置に配置している。

「前後型」では、基準空間中央から左右に1700mm移動した位置に、片端が左右方向の壁面に接するように垂れ壁を片寄せて配置している（2種類）。「前後型」は、2種類の配置パターンともに、垂れ壁の幅は、3600mmである。

実験開始時の被験者の立ち位置は、基準空間の中央から前後方向-2000mmの位置とした。

実験の試行は、垂れ壁を付加しない基準空間と垂れ壁を付加した空間を順番に計16回行う。被験者に空間の広さや形状などを正しく認識させるため、試行ごとにVR空間内を自由に周遊した後に、中心位置まで歩いてもらった。

表 1 実験 I・II の被験者の身長

実験 I		実験 II	
被験者	身長[m]	被験者	身長[m]
No.01	1.65	N01	1.71
No.02	1.79	N02	1.83
No.03	1.83	N03	1.73
No.04	1.67	N04	1.71
No.05	1.72	N05	1.67
No.06	1.75	N06	1.65
No.07	1.74	N07	1.65
		N08	1.70
		N09	1.82
		N010	1.64
		N011	1.60
平均	1.74	平均	1.70

4.2 実験Ⅰの結果と考察

空間の中心位置の移動距離について、垂れ壁の寸法、配置条件を要因とした分散分析を行い、主効果あるいは単純主効果が確認された条件について、ボンフェローニ法による多重比較検定（1%水準）の結果を拾った。本論では実験Ⅰ、実験Ⅱの考察を通じて、以下同様の手法で統計分析を行うものとする。

空間中心の移動の分析はまず、前後方向への変化量、つづいて、左右方向への変化量に分けて行う。その後、2軸の変化量を統合し、空間中心の移動方向についての考察を行う。

4.2.1 左右型の垂れ壁配置による前後方向への空間中心の移動

「左右型」の垂れ壁による前後方向への空間中心の移動について、垂れ壁の配置と高さを要因とした分散分析を行ったところ、垂れ壁の高さについてのみ主効果が認められた。そこで垂れ壁の高さについての多重比較を行ったところ、基準空間での空間中心と、各寸法の垂れ壁を提示した場合の空間中心との間に、有意な差（ $p<0.001$ ）が認められた（図 3）。矩形空間の短辺方向に垂れ壁を提示することで、垂れ壁がないときに比べ、空間中心が、垂れ壁を正面にして後ろ向きに移動することが確認できた。

続いて、垂れ壁の高さが、前後方向への空間中心の移動に与える影響を検証する。

垂れ壁を空間の中央軸上に配置した「左右型：中央」では、高さ800mmの垂れ壁を提示した場合の空間中心と、高さ1800mmの垂れ壁を提示した場合の空間中心との間に、有意な差が認められた（ $p<0.001$ 、図 3）。また高さ1300mmと1800mmの垂れ壁の間にも、有意な空間中心の移動が認められた（ $p=0.005$ 、図 3）。

同様に、垂れ壁を左あるいは右に片寄せて配置した「左右型：左」と「左右型：右」の条件でも、高さ800mmと1800mmの垂れ壁との間、高さ1300mmと1800mmの垂れ壁との間に、それぞれ有意な空間中心の移動が認められた（ $p<0.001$ 、 $p<0.001$ 、 $p<0.001$ 、 $p<0.001$ 、図 3）。

以上より、矩形の空間の短辺方向に垂れ壁を配置した場合、垂れ壁の高さが1800mmになると、空間中心が、垂れ壁を正面にして後ろ向きに大きく移動することが確認できた。

4.2.2 左右型の垂れ壁配置による左右方向への空間中心の移動

「左右型」の垂れ壁による左右方向への空間中心の移動について、垂れ壁の配置と高さを要因とした分散分析を行ったところ、二要因の交互作用が認められた。そこで単純主効果の確認された垂れ壁の高さについてのみ多重比較を行ったところ、高さ1800mmの垂れ壁を提示した場合の空間中心と、垂れ壁のない基準空間の空間中心との間にそれぞれ有意な差（ $p<0.001$ 、 $p=0.021$ 、図 4）が認められた。特に「左右型：左」では、高さ800mmと1300mmの垂れ壁の提示した条件についても、基準空間に比べて、空間中心が左右方向に移動することが確認できた（ $p=0.026$ 、 $p<0.001$ ）。

なお空間の左右に垂れ壁を片寄せて配置した「左右型：左」と「左右型：右」では、空間中心はいずれも垂れ壁を片寄せた方向へ偏って移動する傾向が見られた。移動量を定量的に比較するため、ここでは、左方向への空間中心の移動が見られた「左右型：左」の計測値について、符号を反転して分析することとした。

以上のことから、矩形の空間の中央軸に対して、左右のどちらかに片寄せて垂れ壁を配置することで、空間中心が垂れ壁を片寄せた

図 3 「左右型」配置の前後方向への空間中心の移動

図 4 「左右型」配置の左右方向への空間中心の移動

図 5 「前後型」の前後方向への空間中心の移動距離

図 6 「前後型」の左右方向への空間中心の移動距離

a. 「左右型」配置 b. 「前後型」配置

図 7 空間中心の移動から推測できる空間形状

方向に向かって移動することが確認できた。ただし片寄せて垂れ壁を配置しても空間中心が左右に偏らない被験者も見られた。

4.2.3 前後型の垂れ壁配置による前後方向への空間中心の移動
続いて、矩形空間の前後方向に垂れ壁を配置した「前後型」における空間中心の移動について分析を行う。まず前後方向への空間中心の移動について、垂れ壁の配置と高さを要因とした分散分析を行ったところ、いずれの要因についても有意な主効果・交互作用は認められなかった。「前後型」の垂れ壁配置における前後方向への移動の結果を図 5 に示す。

以上より、垂れ壁を、矩形空間の長辺方向の中央軸に対して、片寄せて配置した場合には、前項で観察した、短辺方向の中央軸に対して片寄せて配置した場合とは異なり、垂れ壁に平行な方向への空間中心の移動は発生しないことがわかる。

この結果の差異は、空間の幅に対する垂れ壁の幅が占める割合の違いによって生じたのではないだろうか。「左右型」の片寄せ配置では、空間の幅に対して垂れ壁の幅が占める割合が大きい。それに対して「前後型」配置では、空間の幅に対する垂れ壁の幅が占める割合はちょうど半分になっている。

4.2.4 前後型の垂れ壁配置による左右方向への空間中心の移動
「前後型」配置の垂れ壁による左右方向への空間中心の移動について、垂れ壁の配置と高さを要因とした分散分析を行ったところ、垂れ壁の高さについてのみ主効果が認められた。

多重比較の結果、「前後型：左」と「前後型：右」の条件では、基準空間の空間中心と高さ1300mmの垂れ壁を提示した場合の空間中心との間にそれぞれ有意な差 ($p<0.001$) が認められた。同様に基準空間の空間中心と高さ1800mmの垂れ壁を提示した場合の空間中心との間にそれぞれ有意な差 ($p<0.001$) が認められた (図 6)。矩形の空間の長辺方向に垂れ壁を配置することで、垂れ壁がないときに比べ、空間中心が垂れ壁を正面にして後ろ向きに移動することが確認できた。

なお「前後型：左」と「前後型：右」では、空間中心が垂れ壁を正面にして後ろ向きに移動する傾向が見られた。4.2.2と同様、移動量を定量比較するため、左方向への移動が見られた「前後型：左」の計測値について、符号を反転して分析することとした。

続いて、垂れ壁の高さが変化することによる左右方向への空間中心の移動を分析する。「前後型：左」配置の垂れ壁では、垂れ壁の高さが、800mm と 1300mm との間、800mm と 1800mm との間に、それぞれ有意な差 ($p=0.005$, $p<0.001$) が認められた。また「前後型：右」配置の垂れ壁でも、垂れ壁の高さが、800mm と 1300mm との間、800mm と 1800mm との間に、それぞれ有意な差 ($p=0.004$, $p<0.001$) が認められた (図 6)。

以上より、矩形の空間の長辺方向に垂れ壁を配置した場合、垂れ壁の寸法が高くなるに従い短辺方向への空間中心の移動量が大きくなることが確認できた。しかし、「前後型：左」と「前後型：右」のどちらの配置においても、垂れ壁の高さが 1300mm の場合と 1800mm の場合との間には、有意な差が認められなかった。

以上のことから、垂れ壁の高さが高くなるにつれて、空間中心の移動量は次第に増加していくが、垂れ壁の高さが一定の値を超えるとそれ以上移動量は増加しなくなる、ことが確認できた。垂れ壁の高さには、ある一定の高さを超えるとそれ以上空間中心が動かなく

なるような、閾値があると考えられる。実験Ⅱでは、この垂れ壁高さの閾値がどの範囲にあるのかを探ることとする。

4.2.5 垂れ壁を片寄せて配置した場合の空間中心の移動方向
次に、垂れ壁を片寄せて配置した場合の、空間中心の移動する「方向」について分析する。左右方向と前後方向の空間中心の移動量を統合して分析した結果、次の二つの傾向が見られた (図 7)。

a) 「左右型」配置で、垂れ壁を左右どちらかに片寄せると、空間中心も、提示した垂れ壁の中央の軸に近づくように斜めに後退する。
b) 「前後型」配置では、垂れ壁を左右に片寄せても、空間中心はどちらにも偏ることなく提示した垂れ壁に対して垂直に後退する。

つまり、同じように垂れ壁を片寄せて配置しても、「左右型」と「前後型」配置では、垂れ壁に対する空間中心の移動する方向が異なるのである。この移動方向の差異は、空間の幅に対して垂れ壁の幅が占める割合の違いによって生じたものと考えすることはできないか。

「左右型」の片寄せ配置では、空間の幅に対して垂れ壁の幅が占める割合が大きい。この割合の垂れ壁を提示することによって、被験者は、目の前の空間の形状を、垂れ壁の幅を全幅とする小さな矩形の空間として認識するようになったのではないかと考える。

垂れ壁の幅を全幅とする小さな矩形空間を想定した場合、その幾何学的な中心位置は、基準空間中央から左右方向へ 0.8m、前後方向 1.0m セットバックした位置になる。実際、被験者の心理的な空間中心は、この幾何学的な中心位置へ近づく結果となっている。

それに対して「前後型」配置では、空間の幅に対する垂れ壁の幅が占める割合はちょうど半分である。この割合の垂れ壁を提示することによって、被験者が認識する空間の形状は、垂れ壁の延長線と三方の壁面によって囲まれた矩形の形状へと変化したのではないだろうか。この空間形状の幾何学的な中心位置は、垂れ壁に垂直な方向へ 0.5m セットバックした位置になるが、実験結果より示された心理的な空間中心は、次第にこの位置へ近づいている。

基準空間に対する垂れ壁の幅の占める割合によって、被験者の認識する空間形状の大枠が変化し、空間中心の移動方向が決定されているのではないか。実験Ⅱではこの点を検証課題の 1 つとする。

表 2 垂れ壁の寸法[mm]と配置条件 (実験Ⅱ)

	①高さ寸法の変化	②幅の割合の変化
基準空間	5400×7200	
垂れ壁の配置	基準空間の中央軸上	右側の壁に片寄せ
垂れ壁の幅	5400, 3600	3600, 1800
垂れ壁の高さ	0, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000	0, 500, 1500, 2500
実験条件数	14	8

図 8 仮想空間の寸法と被験者の位置関係 (実験Ⅱ)

5 実験Ⅱ

実験Ⅰより、矩形の仮想空間に垂れ壁を配置することで被験者の判断する空間の中心位置が、垂れ壁のない場合に比べて有意に移動することがわかった。また、垂れ壁が高くなるにしたがって、空間中心の移動量が次第に増加していくこともわかった。このことから、被験者の判断する空間の中心位置の座標やその移動が、垂れ壁によって生じる心理的な空間形状の変化、特に空間の分節の程度を評価する空間指標の一つとして用いることができると考える。

しかし実験Ⅰでは同時に、垂れ壁がある高さを超えると空間中心の移動量が増加しなくなる傾向も見られた。垂れ壁の高さには、一定の値を超えるとそれ以上空間中心が動かなくなるような、閾値があると考えられる。また、垂れ壁を片側の壁に寄せて配置した空間では、空間中心も左右に偏る傾向が見られた。この空間中心の偏りは、基準空間の幅に対して垂れ壁の幅が占める割合によって説明できると考える。実験Ⅱでは上記の2点について詳細な検証を行う。

5.1 実験Ⅱの実験条件および被験者

被験者は20代の大学生12名（男性9名、女性3名）である。

実験Ⅱは、①垂れ壁高さの細かな寸法設定が空間中心の移動に与える影響の検証と②垂れ壁の幅の基準空間の幅に対する割合が空間中心の移動に与える影響の検証の2種類で構成される（表 2）。

①の垂れ壁高さの影響の検証では、500mmから3000mmまでを500mm刻みで分割した、6段階の高さの垂れ壁を用意した。垂れ壁の幅は3600mmと5400mmの2種類、空間の中央軸上に左右対称に配置している。

②の垂れ壁幅の影響の検証では、3600mmと1800mmの幅の垂れ壁を用意し、右側の壁に片寄せて配置する。この検証での垂れ壁高さは、500mm、1500mm、2500mmの3段階のみとする。

垂れ壁は、いずれも基準空間中央から前後方向+1800mmの位置の左右方向に配置した（図 8）。被験者が空間中心の移動軌跡を意識してしまうのを避けるため垂れ壁の寸法の変化はランダムとした。

5.2 実験Ⅱの結果と考察

5.2.1 垂れ壁の高さによる前後方向への空間中心の移動

まず①垂れ壁高さの影響の検証について、中央配置された垂れ壁の高さが、前後方向への空間中心の移動に与える影響を分析する。

垂れ壁の幅と高さを要因として分散分析を行ったところ、垂れ壁の高さについてのみ主効果が認められた。多重比較の結果、基準空間との比較では、幅3600mmと幅5400mmのどちらの垂れ壁でも、高さ500mmの垂れ壁を配置した場合の空間中心と、基準空間の空間中心との間にそれぞれ有意な差（ $p=0.002$ 、 $p=0.018$ ）が認められた。同様に高さ1000mm以上の垂れ壁を配置した場合の空間中心と、基準空間の空間中心との間にも、それぞれ有意な差が認められた（ $p<0.001$ 、図 9）。

続いて、垂れ壁の高さの変化による、前後方向への空間中心の移動量の増減を分析する。

幅3600mmの垂れ壁では、垂れ壁高さ500mmに対しては、垂れ壁高さ2000mm、2500mm、3000mmにおける空間中心が、垂れ壁高さ1000mmと1500mmに対しては、垂れ壁高さ2500mm、3000mmの空間中心が、それぞれ有意に移動していた（ $p=0.002$ 、 $p<0.001$ 、 $p<0.001$ 、 $p=0.029$ 、 $p<0.001$ 、 $p<0.001$ 、 $p=0.001$ 、図 9）。

図 9 幅 3600mm による前後方向への空間中心の移動

図 10 幅 5400mm による前後方向への空間中心の移動

図 11 垂れ壁の幅の影響による前後方向への空間中心の移動

図 12 垂れ壁の幅の影響による左右方向への空間中心の移動

また幅5400mmの垂れ壁では、垂れ壁高さ500mmに対しては、垂れ壁高さ1500mm、2000mm、2500mm、3000mmにおける空間中心が、垂れ壁高さ1000mm、1500mmに対しては、垂れ壁高さ2500mm、3000mmにおける空間中心が、それぞれ有意に移動していた ($p=0.025$ 、 $p<0.001$ 、 $p<0.001$ 、 $p<0.001$ 、 $p=0.001$ 、 $p=0.004$ 、 $p=0.004$ 、 $p=0.014$ 、図 10)。

すなわち、幅3600mmと幅5400mmの垂れ壁では、どちらも高さ1500mmと2500mmの間において、有意な空間中心の移動が起こっている。一方で、高さ2000mm以上の垂れ壁の間では、空間中心の有意な移動は確認できない。このことから、空間中心をより大きく移動させるには、2000mmから2500mm程度の垂れ壁を適切に配置することで十分な効果が期待できるといえる。

以上のことから、垂れ壁高さが2000mmから2500mmの間にある閾値を超過した時点で、被験者の認識する空間形状がある程度決定されたと考えられる。閾値以上の高さの垂れ壁を配置することで、適度な繋がりを保ちながら、上下全幅の壁面を配置するのと同程度の大きさに、空間を分節することができるといえる。

5.2.2 垂れ壁の高さによる左右方向への空間中心の移動

①垂れ壁高さの影響の検証について、垂れ壁の幅と高さを要因として、左右方向への空間中心の移動について分散分析を行ったところ、いずれの要因についても主効果は認められなかった。

5.2.3 垂れ壁の幅による前後方向への空間中心の移動

続いて、②垂れ壁幅の影響の検証について、片寄せ配置の垂れ壁の幅が、前後方向への空間中心の移動に与える影響を分析する。

垂れ壁の幅と高さを要因とした分散分析の結果、二つの要因それぞれに主効果が認められた。そこで垂れ壁の高さについての多重比較を行ったところ、各高さ寸法の垂れ壁を提示した場合の空間中心と、基準空間の空間中心との間に、それぞれ有意な差が認められた ($p<0.001$ 、図 11)。幅3600mmと幅1800mmのどちらの垂れ壁でも、空間中心は垂れ壁を正面にして後退するように移動している。

垂れ壁の高さの変化による、前後方向への空間中心の移動量の増減を分析したところ、幅3600mmの垂れ壁を片寄せて配置した条件では、前節で検証した中央軸上配置における空間中心の移動と同様、垂れ壁高さ500mmと2500mmとの間、1500mmと2500mmとの間に、それぞれ有意な空間中心の移動が認められた ($p<0.001$)。しかし同じ片寄せ配置でも、幅1800mmの垂れ壁では、垂れ壁高さの変化による空間中心の有意な移動は認められなかった (図 11)。このことから、同じように片寄せ配置した垂れ壁でも、垂れ壁の幅によって、前後方向への空間中心の移動の様相に違いがあることがわかる。また垂れ壁の幅を要因とした多重比較からは、垂れ壁高さ2500mmにおいてのみ、幅3600mmと幅1800mmの垂れ壁の間に有意な前後方向への空間中心の移動が確認された ($p<0.001$ 、図 11)。

以上より、矩形空間に垂れ壁を片寄せて配置する場合、矩形空間の幅に対する垂れ壁の幅の割合が小さいときには、垂れ壁に直行する方向への空間中心の移動量は、垂れ壁の高さによって大きく変化することはなく、逆に、垂れ壁の幅の割合が大きいときには、垂れ壁の高さに応じて、全幅の垂れ壁を提示した場合と類似した空間中心の移動推移をみせることが分かった。

5.2.4 垂れ壁の幅による左右方向への空間中心の移動

②垂れ壁幅の影響の検証について、片寄せ配置の垂れ壁の幅が、

左右方向への空間中心の移動に与える影響を分析する。

まず垂れ壁の幅と高さを要因として分散分析を行ったところ、二要因それぞれに主効果が認められた。

そこで垂れ壁の高さについての多重比較を行ったところ、基準空間との比較では、幅1800mmの垂れ壁についてのみ、高さ1500mmと高さ2500mmの条件における空間中心と、基準空間の空間中心との間に有意な差が認められた ($p<0.001$ 、図 12)。

また垂れ壁高さの変化による空間中心の移動量の増減についても、幅1800mmの垂れ壁においてのみ、高さ500mmと1500mm、高さ500mmと2500mmの間で、それぞれ有意な空間中心の移動が認められた ($p<0.001$ 、 $p<0.001$ 、図 12)。一方、幅3600mmの垂れ壁では、どの条件間においても、基準空間との比較においてさえも、左右方向への空間中心の有意な移動は認められなかった。

また、垂れ壁の幅についての多重比較からは、幅3600mmと幅1800mmの間で、高さ1500mmと2500mmにおいて、有意な差が認められた ($p=0.009$ 、 $p=0.018$)。

以上より、垂れ壁を片寄せて配置する場合、矩形空間の幅に対する垂れ壁の幅の割合が小さいときには、垂れ壁の高さに応じて、垂れ壁に平行する方向への空間中心の移動が生じることが分かった。逆に割合が大きいときには、垂れ壁のない場合と比較しても、垂れ壁に平行する方向への空間中心の移動は生じないことが分かった。

ただし、幅1800mmの垂れ壁では、垂れ壁を片寄せた側と反対方向に、空間中心は移動している。また実験 I では、垂れ壁の幅が大きい場合にも空間中心が移動しており、その移動方向は垂れ壁を片寄せた側と同一方向であった。垂れ壁と平行な方向への空間中心の移動に関しては、垂れ壁の幅以外の要素も絡んでいる可能性がある。

5.2.5 空間中心の移動から推測できる空間形状

前章と同様に本章においても、空間中心の移動量と移動方向から、被験者が認識しているであろう空間形状の推定を試みる。

まず①垂れ壁高さの影響の検証において見られた、前後方向と左右方向の空間中心の移動量を統合し分析する。

どの条件においても左右方向への空間中心の移動は見られなかった。垂れ壁を中央軸上に配置した場合には、空間中心は、左右に偏ることなく、垂れ壁に対して垂直に後退するといえる。この移動方向から、被験者が、提示された垂れ壁と、後方および側方壁面と

a. 幅 3600・5400mm b. 右側壁に接した 1800mm・幅 3600

図 13 空間中心の移動から推測できる空間形状

で囲まれた領域を、分節された一つ空間として認識し、その中心を探り出すように行動していたことが推察される（図 13）。

実際、垂れ壁と後方壁面で囲われた領域の幾何学的な中心位置は、基準空間の中央から0.9m後退した位置となり、被験者の認識する空間中心は、垂れ壁の高さが増すにつれてこの位置へ近づいていく。

ただし、幅 3600mm の垂れ壁では高さ 3000mm において、幅 5400mm の垂れ壁では高さ 2500mm と高さ 3000mm において、被験者の認識する空間中心が、この幾何学的な中心をやや通り越してしまっている点には注意したい。壁面の木目テクスチャに対して、垂れ壁が白色に近い灰色の膨張色であったため、垂れ壁からの圧迫感が生じ、幾何学的中心よりも後退してしまう結果となったのではないかと考える。壁面や垂れ壁のテクスチャや色が、空間中心の認識に与える影響については、今後の検証課題としたい。

続いて、②垂れ壁幅の影響の検証において見られた、前後方向と左右方向の空間中心の移動量を統合し分析する。

まず、幅 1800mm の垂れ壁を片寄せて提示した場合、空間中心は、提示された垂れ壁の中央軸から離れるように移動している。このことから、被験者が、垂れ壁の脇の空間を含めた L 字型の領域を、ひとまとまりの空間として認識していたことが推察される（図 13）。

また、幅 3600mm の垂れ壁を片寄せて提示した場合、空間中心は、左右に偏ることなく、垂れ壁に対して垂直に後退している。中央軸上に垂れ壁を提示した場合と同じく、被験者が、垂れ壁と、後方および側方壁面とで囲まれた領域を、分節された一つ空間として認識し、行動していたことが推察される（図 13）。この結果は、片寄せした幅広の垂れ壁に対して、空間中心が、垂れ壁の中央軸に近づくように斜めに後退していた実験Ⅰの結果とは、異なるものである。

実験Ⅰと実験Ⅱで、片寄せした垂れ壁に対する空間中心の移動方向が異なるのは、垂れ壁の前後方向の位置の違いに要因があるのではないかと考える。実験Ⅰでは、基準空間中央から前後方向へ1600mm後退した位置に、実験Ⅱでは、基準空間中央から前後方向へ1800mm後退した位置に、垂れ壁が配置されている。すなわち、実験Ⅰと比べて実験Ⅱでは、垂れ壁奥の空間が200mm浅いのである。

垂れ壁脇に見える空間の奥行きが浅いと、壁面や入隅など、垂れ壁の脇の空間の形状が意識されやすくなり、脇の空間を含めたL字型の領域をひとまとまりの空間として認識するようになるのではないかと。逆に、垂れ壁脇の空間の奥行きが深くなると、脇の空間の形状が意識されづらくなり、垂れ壁と後方および側方壁面とで囲まれた領域をひとつの空間として認識するようになるのではないかと。矩形空間の幅に対する垂れ壁の幅の割合に加えて、垂れ壁によって見え隠れする奥の空間の深さが、空間中心の移動方向に変化を生じさせている可能性について、今後の検証の余地が残された。

6 まとめ

本研究では、垂れ壁の寸法と配置が、矩形空間の心理的な中心位置の認識にどのような影響を与えるのかを、没入型仮想環境技術を用いた被験者実験を通して検証した。幅5400mm×奥行7200mm×天井高3000mmの仮想の矩形空間に対する実験結果として、重要なものを以下にまとめる。

- ・仮想の矩形空間内に、高さ500mm以上の垂れ壁を提示すると、

矩形空間の心理的な中心位置は、垂れ壁がないときに比べて、垂れ壁を正面にして後ろ向きに移動する。

- ・仮想の矩形空間内に垂れ壁を提示し、その高さを変化させると、矩形空間の心理的な中心位置は、垂れ壁の高さが高くなるにしたがって、さらに後ろに移動する。
- ・仮想の矩形空間内に垂れ壁を提示するとき、天井高3000mmの矩形空間に対して、垂れ壁の高さが2000mmを超えると、矩形空間の心理的な中心位置は、それ以上後ろには移動しなくなる。
- ・仮想の矩形空間内に、矩形空間の幅よりも狭い幅の垂れ壁を、左右どちらかの壁面に片寄せて提示すると、矩形空間の心理的な中心位置は、垂れ壁を正面にして後ろ向きに移動するのと同時に、左右にも移動する場合がある。

以上の実験結果より、垂れ壁の寸法や配置の変化によって、仮想空間における空間の心理的な中心位置が定性的に移動することを、明らかにすることができた。この空間の中心位置の移動が、空間形状の認識の変化に起因して生じているものだとすると、垂れ壁によって、利用者が認識する空間の形状を任意に操作できる可能性が示唆される。ただし本研究の結果は、あくまで仮想空間において限定的なものあり、今後、現実の空間設計においてこの知見を援用していくためには、現実空間における追加検証が必要不可欠であると考えられる。

今回考案した、没入型仮想環境技術を用いて空間要素を変化させながら、空間の中心位置を被験者自身に評価させる実験手法は、空間の形質や領域性を扱うさまざまな研究分野で援用されうる可能性を持つ。現実の生活空間には、空間形状を変化させる様々な空間要素が混在している。今回の実験結果の分析からも、壁面の色やテクスチャが、空間の中心位置の認識に影響を与えることも示唆された。また本研究では、空間の天井高さを3000mmに固定した上で、垂れ壁の高さ寸法を変数として分析を行っているが、空間の高さが他の値をとる場合には、垂れ壁の高さ寸法に加え、垂れ壁下端から床面までの「あき」の寸法が、空間の中心位置に影響を与えることも考えられる。今後は、今回考案した実験手法をさらに発展させ、垂れ壁を含むさまざまな空間要素、基準とする空間の高さや奥行寸法、利用者の姿勢や向きといった、様々な条件が空間の認識にどのような影響を与えているのかを詳細に検証していきたい。

謝辞

実験に参加していただいた被験者の方々、実験の準備に協力していただいた方々に厚く御礼申し上げます。なお、本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金・若手研究（A）「中心視と周辺視による空間把握のメカニズム」（代表：吉岡陽介、平成22～26年度、課題番号22686056）の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 内田茂：閉空間に対する感覚量に関する実験的研究1，日本建築学会論文報告集，No.282，pp.113-122，1979.8.
- 2) 内田茂：閉空間に対する感覚量に関する実験的研究2，日本建築学会論文報告集，No.285，pp.117-125，1979.11.
- 3) 込山敦司，橋本都子，初見学，高橋鷹志：室空間の容積と印象評価に関する実験的研究，容積を指標とした空間計画のための基礎研究その1，日本建築学会計画系論文集，Vol.1, No.496，pp.119-124，1997.6.

- 4) 橋本都子, 込山敦司, 初見学, 高橋鷹志: 室空間の容積と印象評価に関する実験的研究, 容積を指標とした空間計画のための基礎研究その2, 日本建築学会計画系論文集, No.508, pp.99-104, 1998.6.
- 5) 橋本都子, 込山敦司, 初見学, 高橋鷹志: 複数の在室者による室空間の容積と印象評価に関する実験的研究, 容積を指標とした空間計画のための基礎研究その3, 日本建築学会計画系論文集, Vol.3, No.525, pp.153-159, 1999.11.
- 6) 込山敦司, 初見学: 床段差が室空間の心理的・機能的評価に及ぼす影響, 日本建築学会計画系論文集, No.495, pp.117-123, 1997.5.
- 7) 橋本雅好, 西出和彦, 高橋鷹志: 天井面・壁面が臥位での指示代名詞による領域分節に与える影響 : 臥位での指示代名詞による領域分節に関する実験的研究 その2, 日本建築学会計画系論文集, No.567, pp.37-43, 2003.5.
- 8) 奥井治彦, 篠田竜也, 斎藤純一, 吉岡祥隆, 初見学: 片傾斜・段差天井の知覚と心理的影響 : 空間認知構造に関する研究 その4, 日本建築学会大会学術講演梗概集. E, pp.739-740, 1989.
- 9) 大島芳彦, 佐々木龍郎, 嶋田洋平, 新堀学, 田島則行, 馬場正尊: 最高に気持ちいい住まいのリノベーション図鑑, エクスナレッジ, p.179, 2012.
- 10) 木村浩一: 「拡散する家」新建築住宅特集2009年6月号, 新建築社, pp.88, 2009.
- 11) 駒田剛司, 駒田由香: 「アリウェイ戸越」新建築2015年2月号, 新建築社, p.88, 2015.
- 12) 武井誠, 鍋島千恵: 「構の郭」新建築2013年12月号, 新建築社, p.86, 2013.
- 13) 谷尻誠: 「上大須賀の家」新建築2009年12月号, 新建築社, p.179, 2009.
- 14) メジロスタジオ: 「千歳船橋の住宅」新建築住宅特集2009年02月号, 新建築社, p.108, 2009.
- 15) 妹島和世: 「葉山の小屋」新建築2010年05月号, 新建築社, p.52, 2010.
- 16) 大野力, 山本愛: 株式会社ドワンゴ/本社来客・カフェエリア/納入事例/コクヨファニチャー, 入手先 〈<http://www.kokuyo-furniture.co.jp/solution/space/works/post.php?link=jirei>〉 (参照日25/11/2015)
- 17) 佐々木龍一, 奥村梨枝子: Sasaki Architecture converts Japanese disco into offices with floating walls, 入手先 〈<http://www.dezeen.com/2015/04/28/sasaki-architecture-japanese-disco-warehouse-conversion-offices-floating-walls-tokyo/>〉 (参照日25/11/2015)
- 18) 若山鉄兵, 大井尚行: 「まとまり」という概念を用いた屋外空間の知覚に関する研究 : 大学キャンパスを事例として, 日本建築学会研究報告. 九州支部. 2, 環境系, No.40, pp.281-284, 2001.
- 19) 若山鉄兵, 大井尚行: 「まとまり」及び「中心」という概念を用いた屋外空間の知覚に関する研究 : ヴォリュームの空間知覚と点的視対象による知覚構造について, 日本建築学会研究報告. 九州支部. 2, 環境系, No.41, pp.117-120, 2002.3.
- 20) 吉澤望, 稲本淳平, 平手小太郎, 大山能永, 小野浩史: バーチャルリアリティを用いた住環境提示システムにおける実空間再現性の検討, 被験者実験による明るさ感, 空間の大きさ感, 寸法感, 現実感の検証, 日本建築学会計画系論文集, No.550, pp.87-93, 2001.12.
- 21) 小野浩史, 青島智恵, 森川泰成, 吉澤望, 平手小太郎: 提示装置の違いによる現実感・没入感・設計ツールとしての有効性の検証, バーチャルリアリティを用いた住環境提示システムにおける実空間再現性の検討 その2, 日本建築学会環境系論文集, No.583, pp.57-63, 2004.9.
- 22) 小野浩史, 平手小太郎: 被験者属性・提示装置の違いに着目した空間認識に関する基礎的研究, バーチャルリアリティを用いた住環境提示システムにおける実空間再現性の検討 その3, 日本建築学会環境系論文集, No.593, pp.103-109, 2005.7.
- 23) 横井梓, 齋藤美穂: VR空間における心理的影響の評価に関する検討, 大型スクリーンを用いた居住空間シミュレーションにおけるVR空間の感性評価, 日本建築学会環境系論文集, Vol.78, No.683, pp.1-7, 2013.1.
- 24) 大野隆造, 青木宏文, 添田昌志: CG画像と模型画像の合成による視覚シミュレーション, 日本建築学会技術報告集, No.12, pp.135-138, 2001.1.
- 25) 片山めぐみ, 小松崎敏紀, 添田昌志, 大野隆造: 歩行動作と連動する視環境シミュレータを用いた距離知覚に関する研究, その1 シミュレータの開発と有効性の検証, 日本建築学会大会学術講演梗概集. D-1, pp.849-850, 2001.9.
- 26) 小松崎敏紀, 片山めぐみ, 添田昌志, 大野隆造: 歩行動作と連動する視環境シミュレータを用いた距離知覚に関する研究, その2 経路上の視覚情報と距離知覚の関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集. D-1, pp.851-852, 2001.9.
- 27) 大野隆造, 片山めぐみ, 小松崎敏紀, 添田昌志: 歩行動作と連動する視環境シミュレータを用いた距離知覚に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.550, pp.95-100, 2001.12.
- 28) 添田昌志, 米本由佳, 大野隆造: 視覚的な意識の広がりやと街路空間との評価の関係, その1 空間の物理的特性と心理評価との関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集. D-1, pp.813-814, 2002.8.
- 29) 野村淳二: 建築におけるVRシミュレーション, 建築雑誌, Vol.110, No.1381, pp.32-33, 1995.12.
- 30) 小野原靖, 岸本達也: HMDとジャイロセンサーを組み合わせたインタラクティブなVRシステムによる街路空間評価の可能性, 日本建築学会技術報告集, No.20, pp.279-284, 2004.12.
- 31) 小場則夫, 小泉光司, 岸本達也: VRを用いた日本橋中央通りにおける建物形態と景観の印象分析, 個性的な街路景観創出を目的としたVRを用いた景観分析その2, 日本建築学会計画系論文集, Vol.73, No.626, pp.795-802, 2008.4.

INFLUENCES OF SIZES AND POSITIONS OF HANGING WALL ON PERCEPTION OF SPATIAL CENTER IN VIRTUAL REALITY SPACE

Hayato TAKAHASHI and Yohsuke YOSHIOKA***

* Grad. Stud., Graduate School of Engineering, Chiba University

** Assoc. Prof., Division of Architecture and Urban Science, Graduate School of Engineering, Chiba University, Dr.Eng.

There are spaces of various spatial configurations, living room, workspace and classroom. Each of them is adapted to the intended use. This study is focused on psychological boundaries that affect the specific spatial configuration. The perception of spatial configuration limits the behavior and scope of activities in physically and psychologically. Intentionally arranging the elements that produce psychological boundaries in space divide a certain space into several small spaces, it is possible to use in various purposes.

We propose the hanging wall as the element that produces psychological boundaries. We perform experiment in the method for immersion of subject into virtual reality space with wide view head mounted display (HMD). While the experiments, subjects walk to the subjective central position in virtual rectangular space. Four cameras are installed at each corners of real laboratory to track the movement of subjects and acquire the coordinate data. In addition, the angle sensor of three axis (InertiaCube 2+) is equipped in HMD, acquires the angle of rotation of subject's head. To tune subject's coordinate data and angle of rotation data to the image of virtual environment on HMD, subjects can walk and look around in virtual environment.

This study verified how sizes and positions of hanging wall influence on perception of spatial center in virtual rectangular space, through experiments with technology of immersive virtual environment. The summary of the important experimental results of virtual rectangular space of width 5400mm × depth 7200mm × ceiling height 3000mm is as follows.

- 1.) Subjective central position in virtual rectangular space could move backward from hanging walls by presenting hanging walls of height of 500mm or more, in comparison with by the presenting no hanging wall.
- 2.) Subjective central position in virtual rectangular space would move back more from hanging walls as the increasing heights of the hanging walls.
- 3.) Subjective central position in virtual rectangular space wouldn't move backward any more from hanging walls by exceeding 2000mm high of the hanging walls in rectangular space of ceiling height 3000mm.
- 4.) Subjective central position in virtual rectangular space would move backward and right or left from hanging walls, when presented hanging walls that are narrower than width of rectangular space are put aside toward the right and left wall.

The above experimental results revealed that subjective central position in virtual rectangular space qualitatively move by changing sizes and positions of hanging wall. Assuming that this movement of spatial central position caused by change in perception of spatial configuration, it suggests the possibility that perception of spatial configuration could be operated by presenting hanging walls.

Also, this devised experimental method that evaluated spatial central position by subject own self with changing spatial elements using technology of immersive virtual environment, it has possibility that various fields of research dealing with spatial trait and region would reference. There are various spatial elements that change perception of spatial configuration in the real living space. These experimental results suggested that textures and colors of walls influenced on perception of spatial central position. Henceforth further development on this devised experimental method, is necessary to verify how various spatial elements including hanging wall influence on user's perception of space.

(2015 年 12 月 9 日原稿受理, 2016 年 6 月 7 日採用決定)