

学位論文

VR とストレス指標を用いた建築設計プロセスに関する研究
—高所を対象とした不安感低減のための設計手法の検討—

Utilizing Virtual Reality and Stress Indicators in the Architectural Design Process
: Examination of the Architectural Design Method for High Anxiety Reduction

2014 年 12 月

馬 淵 大 宇

Daiu MABUCHI

博士論文

VR とストレス指標を用いた建築設計プロセスに関する研究
— 高所を対象とした不安感低減のための設計手法の検討 —

Utilizing Virtual Reality and Stress Indicators in the Architectural Design Process
: Examination of the Architectural Design Method for High Anxiety Reduction

2014年 12月

早稲田大学大学院 創造理工学研究科
建築学専攻 建築情報論研究

馬淵 大宇
Daiu MABUCHI

目次

目次

第 1 章	はじめに	1
	1.1. 研究の目的	3
	1.2. 研究の構成	4
第 2 章	建築計画学と設計方法論	9
	2.1. 生活者の把握を第一義とした建築計画学	11
	2.2. 生活者の視点を取り込むことを目指した設計方法論	13
	2.3. 建築計画学と設計方法論の融合	16
第 3 章	VR とストレス指標を用いた建築設計	19
	3.1. VR を用いた建築設計	21
	3.1.1. 今日における VR の重要性	21
	3.1.2. 設計に用いられた VR の事例にみる ユーザー参画型設計の未来	25
	3.2. ストレス指標を用いた建築設計	30
	3.2.1. 不安障がいの現在	30
	3.2.2. 建築設計が対応可能な不安障がい	32
	3.2.3. 不安障がいの観測	37
	3.2.4. 不安障がい者の利用に求められる 設計プロセス	40
	3.3. 「VR とストレス指標を用いた建築設計」の定義	41
第 4 章	「VR とストレス指標を用いた建築設計」システムの構築	51
	4.1. システムの構成	53
	4.2. VR の装置	55
	4.3. ストレス指標の装置	58
	4.4. システムの特徴	60

第5章 「VR とストレス指標を用いた建築設計」 システムの精度	
に関する検証	63
5.1. システムの精度に関する検証の目的	65
5.2. システムの精度に関する検証の構成	66
5.3. システムの精度に関する検証の実行	67
5.3.i. 取得するストレス指標の設定	67
5.3.ii. 対象とするストレスの設定	68
5.3.iii. 実空間と VR 空間の設定	69
5.3.iv. 行動の設定	72
5.3.v. システムの精度に関する検証実験の試行	73
5.3.vi. システムの精度に関する検証実験の結果	75
5.3.vii. システムの精度に関する検証実験の 分析と考察	77
5.4. システムの精度に関する検証のまとめ	82
第6章 建築設計プロセスへのシステムの利用	87
6.1. システムの利用のための検証の目的	89
6.2. システムの利用のための検証の構成	90
6.3. システムの利用のための検証の実行	91
6.3.i. 取得するストレス指標の設定	91
6.3.ii. 対象とするストレスの設定	92
6.3.iii. 基準となる VR 空間の設定	93
6.3.iv. 変更するデザインの設定	95
6.3.v. 行動の設定	99
6.3.vi. システムの利用のための検証実験の試行	100
6.3.vii. システムの利用のための検証実験の結果	101
6.3.viii. システムの利用のための検証実験の 分析と考察	104
6.4. システムの利用のための検証のまとめ	109

第 7 章 おわりに	119
7.1. 本研究の成果	121
7.2. 本研究の適応範囲	125
7.3. 展望	129
謝辞	133
研究業績	135

備考：第 5 章及び第 6 章は、次に示す投稿論文と対応し、それらの論文を加筆、及び、再編した内容である。

5 章：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、pp.1073-1078、2013.10（査読有）

6 章：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」、日本建築学会計画系論文集、pp.1319-1324、
2012.6（査読有）

「ショウガイ」の表記について

本論文では、「ショウガイ」という言辞を「障がい」（一部「障害」と表記する。

「ショウガイ」の漢字には、「障害」と共に仏教語の「障碍」が歴史的に用いられてきたが、「戦後、『当用漢字表』（昭和21年）や、国語審議会による『法令用語正例』（昭和29年等）が、その時点における『障害』と『障碍』の使用実態に基づき、『障害』のみを採用した結果、一部で用いられていた『障碍』という表記はほとんど使われなくなっていった」（pp.2,3）とされている。最近では、「『障害』の『害』の字は、『害悪』、『公害』等否定的で負のイメージが強く、別の言葉に見直してほしいとの意見が障害者団体関係者から寄せられ」（p.7）などの動きがみられ、「障がい」という表記を用いる場合も増えてきた。国家的な動きとしては、2009年12月の閣議決定により設置された障がい者制度改革推進本部の動向がある。当推進本部により、法令等における「障害」の表記の在り方に関する検討が行なわれた結果、見直しの議論が行なわれたものの、「当面、現状の『障害』を用いることとし、今後、制度改革の集中期間内を目途に一定の結論を得ることを目指す」（p.12）とされた。2014年11月現在、法令等における「ショウガイ」の表記は「障害」とされている。¹⁾

本論文では、「ショウガイ」を主に「障がい」として表記する。主な理由は、次の2つである。1つ目の理由は、本論文による学位申請を行なう早稲田大学の方針にある。早稲田大学では、「障がい学生支援室」の名称による機関の設置に代表されるように、「障がい」の表記が用いられていた。2つ目の理由は、本論文の「ショウガイ者」の位置づけにある。本論文における「ショウガイ者」は、健常者と「害」という漢字によって隔てられた存在ではなく、シームレスに繋がった存在として位置づけている。以上により、「障害」という表記をすることには抵抗があるため、「障がい」を表記として用いる。ただし、引用箇所、及び、その引用に対応する箇所については、参考文献の表記にしたがい、「障害」と表記する。

参考文献

- 1) 「障害」の表記に関する作業チーム：「障害」の表記に関する検討結果について，障がい者制度改革推進会議，第26回，資料2，2010.11.22

第 1 章
はじめに

第 1 章

はじめに

1.1. 研究の目的

従来、建築計画学あるいは設計方法論の研究において、「ユーザーの視点を建築設計のプロセスに取り込むこと」には、さまざまなアプローチが試みられてきたが、大部分は健常で汎用的なユーザーを対象としたものであった。これに対し、ユーザーの身体性が大きく設計に関わる場合、例えば、高所恐怖の不安障がい者に対して手掌でつかまる所のない窓際のデザインを施すような mismatch を、事前にチェックできるような設計プロセスは実現されていない。そこで本論文では、新しい情報技術である「VR (Virtual Reality)」と医療・心理分野で広く使われている「ストレス指標」を導入することで、建築の設計のプロセスに特定のユーザーの視点を取り入れ、設計者がユーザーの特性を常に科学的に評価しながら設計が進められるためのモデルを提示し、それを検証したものである。

本論文の目的は、「VR とストレス指標を用いた建築設計」の概念を定義し、その概念に基づく設計支援システムを構築することにより、システムの精度と利用の可能性を検証することである。これにより、まだ設計の段階から、その施設のユーザーが VR を用いて建築空間をあらかじめ体験することができるので、その体験中にユーザーにかかるストレスを測定する事ができ、その結果を即座に設計にフィードバックできるようになる。そのため本論文ではストレス指標（向性的・志向的身体情報）をリアルタイムに観測できるシステムを独自に構築し、その有効性を検証する。

1.2. 研究の構成

本論文は、7つの章により構成される。以下に、それらの概要を示す。

第1章「はじめに」では、研究の目的と本論の構成について概説する。

第2章「建築計画学と設計方法論」では、建築計画学と設計方法論のこれまでの既往の研究経緯とそれらの経緯からみえてきた今後の課題を通して、「さまざまなユーザーの視点を建築設計のプロセスに新たに取り込むこと」の重要性を示す。特に、建築計画学の膨大な研究成果が、本来なら生活者の実態に基づいて建築を評価したものであるはずなのに、現状では必ずしも積極的に設計に取り込まれてはいないことを指摘する。また、設計方法論は、建築計画学的知見に基づいて設計プロセスにユーザーの視点を取り込むことを課題としていた。したがって、建築計画学の立場からの研究を基礎として得られた生活者の視点は、必ずしも有効に設計プロセスに取り込まれておらず、その具体的な方法を提示する事が本論文の主要な課題であるという本論文の背景が明らかになる。

第3章「VRとストレス指標を用いた建築設計」では、本論文に課せられた課題に対する具体的な解決手法と考え方についてまとめている。まず、VRとストレス指標が「ユーザーの視点を建築設計のプロセスに取り込むこと」を可能にする技術と指標であることを明らかにし、2章の背景と合わせて「VRとストレス指標を用いた建築設計」を定義する。VRについては、技術の発展と時代の要求に支えられ、今後身近な技術として定着する見込みであることを示す。また、建築分野では、既に試験的な導入がされているものの、まだその有効性は確立されておらず、その利用形態は限定的なものに留まっている。したがって、建築分野においては、VRを単にユーザーへのプレゼンテーションの道具として限定的に利用するのではなく、ユーザーの意向（情報）を設計に反映させて合意を形成する道具へと展開させることが重要である。一方、本論文では、ユーザーとしてこれまでほとんど触れら

れることの無かった不安障がい者を念頭に置いている。そして、その向性的・志向的身体情報による「ストレス指標」を新たに導入している。この指標は、不安障がい者の情報を建築設計に反映させる有効な指標になる。つまり、日本の代表的な疾患のひとつである不安障がいは、ストレス指標によって、その状態を把握できることから、当人のストレス指標を根拠に空間を評価し、不安障がいの病状に対応できる建築のデザインを設計者が提案することは可能である。以上により、VR とストレス指標を用いることで、ユーザーの反応を見ながら設計案の試行錯誤を進める可能性とその意義が明らかになる。したがって、次の4つの条件を満たす設計を「VR とストレス指標を用いた建築設計」として定義する。1) VR を用いて設計段階の建築物をユーザーが体験できること、2) 建築計画学的基準をあらかじめ設定できること、3) VR を体験中のユーザー（不安障がい者など）のストレス指標（向性的・志向的身体情報）を位置づけられること、4) 位置づけたストレス指標を基にユーザーと設計者が共通の認識に立って設計案を検討できることの4つである。

第4章「『VR とストレス指標を用いた建築設計』システムの構築」では、VR とストレス指標を用いた設計プロセスを可能にするシステムの内容について言及する。これは、既存のVR の技術を設計プロセスに導入し、設計段階の建築空間をユーザーが体験できるようなシステム、及び、その体験中にユーザーが受けるストレスを指標として客観的に観測できるような装置の構築である。具体的には、VR の装置にモーションキャプチャシステムと頭部装着ディスプレイを組み合わせた没入型VR システムを独自に構築し、これを用いることでVR 空間上に設計段階の建築空間を作り出すことを可能にする。次に、ストレス指標を観測するために皮膚電位計を用いることにより、設計プロセスで利用可能なユーザーの皮膚電気活動（向性的身体情報）を的確に入手することができる。本システムは、VR の特徴的な3要点である1) 3次元の空間性、2) 実時間の相互作用性、3) 自己投射性を達成しており、設計プロセスという経時的な作業において向性的身体情報を評価しながら常

に設計にフィードバックできるシステムとなる。

第5章「『VRとストレス指標を用いた建築設計』システムの精度に関する検証」では、本システムを用いた場合のストレス指標の再現精度を検証する。つまり、ユーザーと設計者が共通の認識に立って設計案の検討が「適切に」図れるシステムとするためには、本システムで表現されたVR空間において、ストレス指標が実空間をどの程度忠実に再現できるのかを検証しておく必要がある。そこで本システムを使って実験を繰り返し、それを検証した結果、実空間と比較すると、VR空間では身体情報が過大に取得されることが明らかになる。つまり、本論文で対象とした高所ストレスの場合、VR空間上で取得した身体情報の値を小さな値に補正して実空間に適応させる必要がある。また、女性は男性に比べて、VR空間上でのEDA反応量（向性的身体情報）をより小さな値に補正して実空間に適応する必要がある。一方、アンケート点数（志向的身体情報）に関しては、VR空間上で取得したアンケート点数の値（高さ感、恐怖感など）を、性別に関係なく小さな値に補正して実空間に適応する必要がある。以上の補正を行うことによって、十分に設計プロセスに適用が可能なシステムであることを検証する。

第6章「建築設計プロセスへのシステムの利用」では、本システムが建築計画学で用いられる基準を設定することができ、かつ、その基準を基にストレス指標を位置づけることで、設計案を評価できるものであることを具体的な空間を設定して実験し、その有効性を検証する。この結果、EDA反応比（向性的身体情報）とアンケート点数（志向的身体情報）のそれぞれについて基準値となる指標を設定することができ、身体の安定感に関わる3つの設計案（横手すり、縦手すり、不安定な台）に対して本システムを利用して空間体験を行った場合に、それら基準値を基にした客観的な評価を示すことができる。具体的には、EDA反応比の平均値が、横手すりと縦手すりを適応した空間体験時では1以下とストレスが小さくなり、不安定な台を適応した場合には1以上でストレスを助長する結果となる。つまり、アンケート点

数の結果を含めて考察すると、横手すりと縦手すりは安心感や頼りがい、体勢を支持する能力によってストレスを低減させた一方で、不安定な台はそれとは反対の傾向になることが、検定による有意差をもって証明される。

第7章「おわりに」では、本論文の結果をまとめ、今後の課題と展望を示す。具体的には、各章の結論を要約し、本システムが「VRとストレス指標を用いた建築設計」の4つの条件を達成していることを確認する。また、本システムを実際の設計プロセスに適用する場合の限界と可能性を示し、今後の展望とともにまとめる。

第 2 章
建築計画学と設計方法論

第 2 章

建築計画学と設計方法論

2.1. 生活者の把握を第一義とした建築計画学

建築計画学は、終始一貫して生活者を把握することを第一義とする学である。

建築計画学は、戦後の復興時期に西山卯三や吉武泰水らによって行なわれた、生活者に対する緻密な観察に端を発した。鈴木賢一によれば、「1930年代後期以降における西山卯三の研究は、庶民住宅の実態調査に基づく現状認識と問題把握により建築計画学の近代化に大きな役割を果たし」、また、「1950年代以降における吉武泰水の研究は、学校・病院・図書館などの公共施設を対象に実態調査を精緻化、科学化し、分析手法、現象の予測を客観化することで、学問を体系化した」と言われている (p.12)¹⁾。また、建築計画学が成立した時代背景には、「日本が窮乏のどん底にあった戦後期」²⁾がある。時代的な要求に迫られ、「国民の住居水準を向上するための住宅基準、住宅生産、住宅問題と住宅政策の研究」³⁾が行なわれたり、「公営住宅標準設計、総合病院標準案、学校建築標準案など」²⁾の提案が行なわれたりした。つまり、生活者の居住環境の改善という切迫した時代的な要求が、生活の場の緻密な実態調査を根拠とする建築計画学の体系を生んだと言える。

そして、今日、生活者を把握することの重要性は、さらに強調されている。西出和彦は、現在希求すべき建築計画について次のように示している。

「現在求められる建築計画とは何か」と再考するとすれば、「人間」という原点から建築を見つめ直すことであろう。主役は人間であることを考え、真に人々にとって自分らしく居られる場所としての建築を実

現するための「建築計画」となるべく、人々の本当の姿を見出すことができればと考える。建物は新たにつくるだけでなく、既存の構造体をうまく使うことが求められる時代でもある。その中で、人間と建築躯体との間にあるインテリアの役割が重要になると考えられる。(p. v)⁴⁾

この文章によって、西出が「原点」とすべきとした「人間」とは、建築の設計者ではなく建築の使い手（生活者）である。そして、より正確に言えば、すぐには把握することが難しいような生活者の「本当の姿」である。つまり、建築内部の意匠設計を重要視することによって、一見すぐには観えてくることのない生活者の本質を中心に据えた建築計画が必要であることを西出は示した。

また、内藤和彦は、今日の建築計画学の問題を次のように示している。

「建築計画学」という分野は（中略）西洋建築の導入過程で生まれた、整理・集約して効率よく学ぶための研究分野であり、具体的な建築物の設計に必要な不可欠なものとしてスタートしている。その後、独自の発展過程を経て「建築計画学」という確固たる学問分野に成長するが、それと同時に、本来の設計に役立たせることへのこだわりは薄れ、今日に至っている。(p.3)¹⁾

つまり、内藤は、建築計画学が誕生した西山や吉武らの時代に「具体的な建築物の設計に必要な不可欠」であった建築計画学が、現在は本来の意義を失い、「設計に役立たせることへのこだわり」が希薄化している点に、建築計画学の今日の問題点を見いだした。

以上の建築計画学の発生と現在における希求・問題により、今後の建築計画学に求められる方向性が明らかになった。つまり、今後の建築計画学は、学の発生当初の精神を展開し、より生活者の本質に迫った実態の把握に基づいて、適切に建築を評価（特に建築内部の意匠に対する評価）することが重要である。さらに、その評価を「設計に役立たせる」仕組みが重要である。

2.2. 生活者の視点を取り込むことを目指した設計方法論

設計方法論は、設計プロセスの中に生活者の視点を取り込むことが重要であり、そのために建築計画学が有用であることを示した。合理的な設計を目指し発生した設計方法論は、最終的に人間的要素に関わる問題に至った。

設計方法 (Design Method) の探究の歴史は、それほど長くない。世界的にみると、1962年の国際会議にその端を発した。

初めて「設計方法に関する国際会議」がロンドンで開催され（中略）建築家だけでなく、インダストリアル・デザイナー、航空機の設計者、人間工学研究者、さらに画家などの芸術家に至るまで、実に多彩であり、設計方法に対する関心が、「人工物」一般に広がっていた。(pp.57-58)⁵⁾

日本においてもほぼ同時期に設計方法の探究が開始された。この時期は、戦後の高度経済成長初期という建築計画学が発達し始めた時期とほぼ同時期である。日本建築学会編集の『人間 — 環境系のデザイン』によれば、日本の設計方法の探究は次のように始まった。

一九六〇年代における高度経済成長の時代に、生活に対する価値観の多様化が進み、設計機能の複雑化、規模の拡大化、設計対象の広域化が要請され、一方では工期の短縮化、生産の合理化が求められるようになったことを背景として、経験と勘にたよっていた設計行為を客観的に体系化することをめざして始められたものである。(pp.56-57)⁵⁾

1963年、日本建築学会建築計画委員会に「設計方法小委員会」が設置されたことは、日本におけるこの動向を裏付けている。この委員会の活動は、1968年から1989年にかけて刊行された5冊のパンフレット⁶⁾⁻¹⁰⁾にまとめられている。

その間に、この委員会は、次のような研究活動を行った。

複雑化した設計問題を解決する「プロセス」や「道具」の提案に始まって、設計行為の本質や設計方法の背後に潜む論理を問う「設計方法論」を展開する段階へと到達している。そして、設計チームの形成、設計組織の再編、ユーザーや専門家の設計プロセスへの参加、さらには設計の評価といったヒューマン・ファクターにかかわる問題が浮上し、設計方法のとらえ方も大きく変化してきた。(p.58)⁵⁾

とりわけ、ここで注目すべき事柄は、1960年代当初、設計の高次元化に伴い、合理的な設計を目指して探究された設計方法が、最終的に行き着いた問題として、「ヒューマン・ファクターにかかわる問題」に至ったことである。

前記で言われるところの「ヒューマン」とは、建築物を利用する人びとを含む「設計主体」(p.29)のことである。設計方法の研究において「設計主体」とは、「設計を担う主体」であるが、それは大きく2つの段階にカテゴライズされる。一方は「アーキテクトの発展形態として設計チームを捉え、そのための設計方法を追求する段階」(p.29)であり、他方は「結果として組み入れられることの少なかった設計の影響をうける人びとの意見を設計に反映したり、彼らを環境形成の担い手とする設計方法を追求する段階」(p.29)である。前者は、「設計を担う主体」として設計方法の中で追求されるべきことは明らかである。したがって、この指摘において注目すべきは、建築を利用する主体を設計を担う主体として積極的に設計方法の中に取り込むべきであるとした点にある。つまり、設計方法論における「設計を担う主体」は、「設計チームをこえて設計の影響をうける人びとをその（設計プロセスの）なかにどれだけ組み込むことができるのか」という点が重要である」（括弧内は筆者）(p.29)とした。⁹⁾

また、設計方法論において「設計の影響をうける人びと」とりわけ、建築物を利用する人びとを取り込むために重要視された知見が、建築計画学の知見であった。設計方法小委員会の最後のパンフレットである『設計方法Ⅴ 設計方法と設計主体』には、次のような記載がある。

かつては、建築の生産過程にかかわる主体といえば、企画、設計、施工に代表される施主、設計者、施工者という形でしか意味づけられていなかったものが、建物を使用するいわゆるエンドユーザーからの視点を計画にとり入れたことは画期的なことであった。そこでは研究手法との関係もあり、不特定多数といった建物使用者が対象となったが、明らかにその建物の中で直接、生活を営む人たちを問題にしたのは、戦後の建築計画発展の基盤となった明確な視点であったといえよう。(中略) 従来、これらのユーザーは設計方法の研究の中においても、建築計画の研究について記したと同じような位置づけで、その要求の捉え方に対しては、さまざまなアプローチがなされながら、その要求をどのように評価して建物の利用主体を設計のプロセスモデルの中に位置づけられ得るかといった試みはあまりなされていなかったといつてよい。(p.4) ¹⁰⁾

設計方法小委員会は、1960年代当初の合理的な設計の観点から建築の作り手（施主を含む）の視点のみではなく、「建物の中で直接、生活を営む人たち」の視点を設計プロセスに取り込むことが重要とし、その知見として「建築計画」学からの視点が基盤となることを示した。しかしながら、生活者の視点を設計プロセスに取り込む方法自体は、「試み」が少ない現状があることを示した。

以上により、合理的な設計を目指した設計方法論は、最終的に「ヒューマン・ファクターにかかわる問題」に至り、設計プロセスの中に生活者の視点を取り込むことが重要であることが示された。そして、そのために建築計画学の知見が有用であることが明らかになった。一方で、具体的に生活者の視点を設計プロセスに取り込む方法は、今後も課題になりうることを示された。

2.3. 建築計画学と設計方法論の融合

「2.1. 生活者の把握を第一義とした建築計画学」、および、「2.2. 生活者の視点を取り込むことを目指した設計方法論」より、建築計画学と設計方法論の融合を模索する可能性が示された。2.1. より、建築計画学は、学の発生当初の精神を展開し、より本質的な生活者の実態に基づいて建築を評価（特に建築内部の意匠に対する評価）することの重要性を示し、その評価を積極的に設計に取り込む必要性を示した。また、2.2. より、設計方法論は、設計プロセスの中に建築計画学の知見に基づいて生活者の視点を取り込むことの重要性を示す一方で、その具体的な方法を今後の課題とした。つまり、双方の学は、互いを必要とし合っていることが明らかになった。建築計画学はその知見を設計へ応用されることを、設計方法論は設計プロセスに建築計画学的知見を取り込むことを求めた。今後に残された課題は、具体的に、建築計画学の研究を基礎として得られた生活者の視点を、どのような仕方で設計プロセスに取り込むかにある。

参考文献

- 1) 内藤和彦, 梅本雅好, 白色真帆, 藤田大輔編: 設計に活かす建築計画, (株) 学芸出版社, 2010.4
- 2) 日本建築学会編集, 鈴木成文著: 追悼のことば(名誉会員 吉武泰水先生ご逝去), 建築雑誌, Vol.118(1508), p.115, 2003.8
- 3) 日本建築学会編集, 三村浩史著: 名誉会員 西山卯三先生ご逝去(会員フォーラム), 建築雑誌 Vol.109(1357), p.77, 1994.5
- 4) 西出和彦: 建築計画の基礎 ー環境・建築・インテリアのデザイン理論ー, 数理工学社, 2009.6
- 5) 日本建築学会編集: 人間-環境系のデザイン, 彰国社, 1997.5
- 6) 日本建築学会編集: 設計方法, 彰国社, 1968.10
- 7) 日本建築学会編集: 設計方法Ⅱ 設計プロセス/ケーススタディ, 彰国社, 1971.11
- 8) 日本建築学会編集: 設計方法Ⅲ 設計プロセス/道具の提案, 彰国社, 1974.10
- 9) 日本建築学会編集: 設計方法Ⅳ 設計方法論, 彰国社, 1981.9
- 10) 日本建築学会編集: 設計方法Ⅴ 設計方法と設計主体, 彰国社, 1989.10

第 3 章

VR とストレス指標を用いた建築設計

第 3 章

VR とストレス指標を用いた建築設計

3.1. VR を用いた建築設計

3.1.1. 今日における VR の重要性

VR (Virtual Reality: バーチャルリアリティ) は、技術の発展と時代的要求に支えられ、現実世界を拡張する世界としての重要性が高まっている。

「日本バーチャルリアリティ学会が総力をあげて編纂したバーチャルリアリティ学の教科書」(p. ii) として位置づける舘ら監修の『バーチャルリアリティ学』によれば、VR は、日本語訳を与えるとすると、「人工現実感」(p.9) であり、虚や仮想とは異なる。換言すれば、VR は、「現実世界を近似し (中略) すべての要素のうち、目的にとって重要な要素、すなわちエッセンスだけを抽出したもの」(p.5) である。また、VR が最も特徴的な要点は、①「3次元の空間性」、②「実時間の相互作用性」、③「自己投射性」の3つである (p.6)。つまり、「①人間にとって自然な3次元空間を構成しており、②人間がそのなかで、環境との実時間の相互作用をしながら自由に行動でき、③その環境と使用している人間とがシームレスになっていて環境に入り込んだ状態が作られているということ」(p.6) が理想的な VR を構成する。¹⁾

また、『バーチャルリアリティ学』を監修した舘によれば、次の主に6つの目的に対して VR は効果的な道具である。

[創造のための道具] 設計や造形など種々の創造活動や創作活動のための道具。個人の頭に閃いたものを、VR で実際の形にすることができる。まさに、技術のみならず芸術も含め広く創造活動や創作活動を

支援するための道具となる。

[制御のための道具] ロボットや機器の制御のための道具。人間の遠隔での行動を支援する道具となる。

[通信のための道具] 電話やテレビ電話の次にくるコミュニケーションのための道具。離れていても一体感が持てる空間の構成も可能とするツールたりうる。

[解明のための道具] 人間の認知や行動の機能を解明したり、シミュレーション結果を模型実験のように表現したりする解明のための道具。新たな科学的発見のためのツールとしてのVRの利用法と言える。

[教育のための道具] 体験型シミュレータなど、経験を深める教育のための道具。現在使用されている各種シミュレータによる訓練の拡張であるとともに、3次元の模型を瞬時に作成し教育を行うツールでもある。

[娯楽のための道具] 体験型ゲームやバーチャル旅行などの娯楽のための道具。スタートレックにおけるホロデッキなどは、教育と娯楽のためのバーチャルリアリティの究極の姿を示している。(p.10)¹⁾

以上のように、「3次元の空間性」、「実時間の相互作用性」、「自己投射性」を主な特徴とし、6つの目的に対して効果的な道具となるVRは、現在、社会からの大きな期待を受けている。

館らは、「2008年2月20日に全米科学財団(NSF:National Science Foundation)が発表した、人類の生活水準に大きな向上をもたらす『今世紀中に達成すべき14の重点技術目標(14 grand engineering challenges for the 21st century)』の一つにバーチャルリアリティが選ばれていること」を理由に、「VRがこれからの人間生活の向上に果たす役割への期待の高さが実感される」とVRに対する今後の期待感を表明している(p. i)¹⁾。

また、最近(2014年6月現在)では、Facebook社(米国の大手ソーシャル・ネットワーキング・サービスの企業)が、米国時間2014年3月25日にOculus社を約20億ドルで買収することで合意したことを発表したこと

からも、社会の VR に対する期待感が窺える²⁾。Oculus 社は、2012 年に設立した、次世代の消費者に向けて VR のプラットフォームの構築する企業である。Oculus 社の主力製品である Oculus Rift (図 3-1)³⁾ は、デジタル環境の中に体験者を進ませることにより、本当に実在するかのような感覚を与えることを可能にした。つまり、Oculus Rift を体験者に表示させることで、臨場感の高い立体 3D ビューの中を 360 度の範囲を自然に見て回ることができる。そして、その環境を可能にするために、Oculus Rift には、現実からの遅延を最小限にした頭部のトラッキング技術や広視野を確保を実現したディスプレイ技術が導入されている。²⁾ 換言すれば、Oculus Rift は、「3次元の空間性」、「実時間の相互作用性」、「自己投射性」の特徴を網羅した VR を実現した装置とも言える。また、この出来事は、世界的に影響のある企業が、VR 関連のベンチャー企業に多額の投資を行なったことで、VR が技術的に実用化可能な水準に至ったことを示唆している。そして、VR の概念が 1989 年に生み出されて以来、VR が最大級に世間の注目を集めた出来事



図 3-1 Oculus Rift

ともいえる。

さらに、Facebook社のCEOであるMark Elliot Zuckerbergが、Oculus社買収の会見で次のようにVRの未来を展望したことは興味深い。

ゲームの後には、Oculusをほかのさまざまなエクスペリエンスのプラットフォームにするつもりだ（中略）自宅にいながらにして、ゴーグルをかけるだけで、コート際の席で試合を観戦したり、世界各地の生徒や教師がいる教室で勉強したり、医者と顔を合わせて診察を受けたり、仮想世界の店舗で買い物をして、おもしろそうな製品に触れたりあれこれと探したりすることを想像してほしい⁴⁾

Zuckerbergは、VRをあらゆる体験の基盤になりうる環境として捉え、VRによる豊かな未来を展望した。ZuckerbergにとってVRは、ゲーム業界[娯楽のための道具]に留まる基盤としてではなく、「自宅にいながらにして」、試合観戦や授業への参加、医師による診察、店舗での買い物を現実とほとんど変わらない行為を可能にする基盤として捉えられている。つまり、Zuckerbergの発言には、VRが生活者の空間性を拡張し、VRが身近な存在として現実世界の一部なる未来が窺える。

以上により、技術の発展と時代的要求に支えられ、今後VRの世界は、身近な世界として普及していくことが見込まれる。

3.1.2. 建築設計に用いられた VR の事例にみるユーザー参画型設計の未来

VR は、ユーザーが建築設計に参画することを可能にする。

自動車分野ではいち早く、VR を導入してユーザーと共に車をデザインする新しい方法が提案された。特に、他社に先駆けて日産自動車は、VR によって車のデザインをユーザーと共に決定するプロセスを提案した。日産自動車が開発した「アイディーエックス コ・クリエーション」は、「想像的なコ・クリエーション（共同創造）戦略を活用して、世界中のドライバーやクルマファンのコミュニティーと対話することにより、新しい世代のための新たなクルマづくりの仕組みを構築する」ことをコンセプトにした。第43回東京モーターショー 2013 の中で行なわれたそのプロセスの一部（図 3-2）⁵⁾ は、Oculus 社製の VR 装置を装着することで「参加者はアイディーエックスコンセプトカーの車体を受け取り、これをコ・クリエーションの旅の中で使用し」ながら「参加者は様々な選択」をするというものであった。それらの選択によって、参加者は、「スリルを求めるドライバーか、ゆったりしたドラ

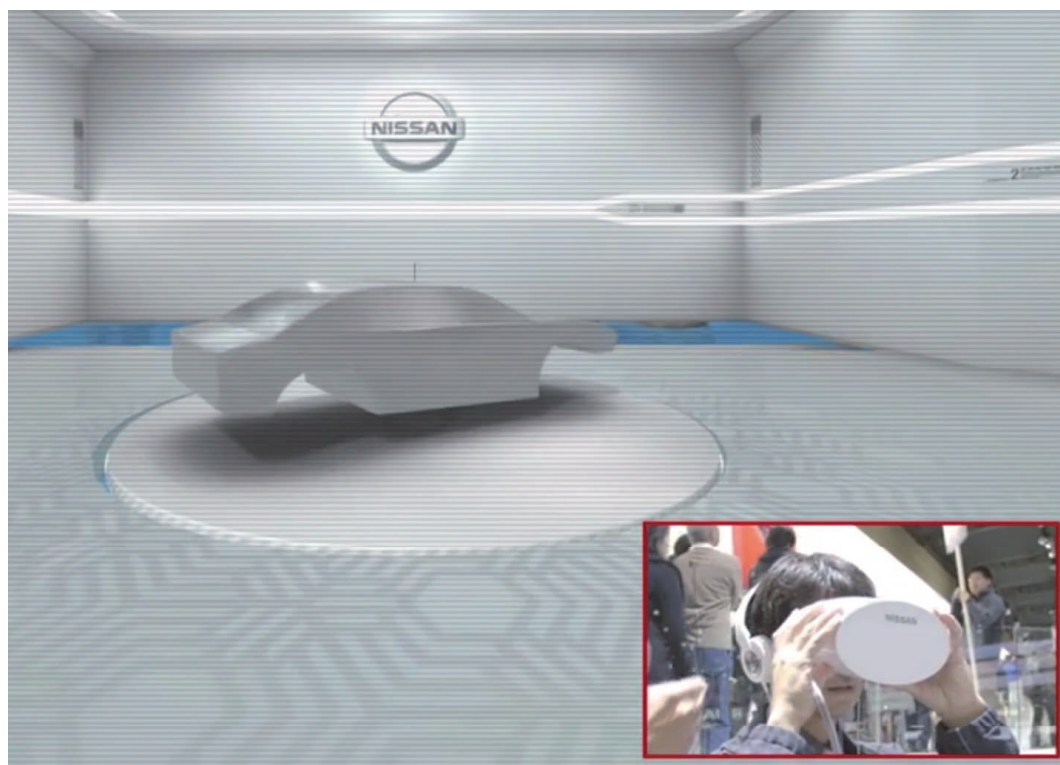


図 3-2 第43回東京モーターショー 2013 における日産自動車の展示

イブを好むのか。動力はガソリンか、電気か。」など、「参加者それぞれのドライバーとしてのニーズと要望を発見することが可能」になった。この設計の方法は、VRを活用することにより、ユーザーの誰もが設計に参画できる点に特異性がある。つまり、この日産自動車の例は、VRが、ユーザーと設計者が共に設計することを可能にする[創造のための道具]として有効に機能している良例と理解することができる。⁶⁾

また、建築分野におけるVR導入の動きも加速しつつある。VRの開発企業としては、愛・地球博などに導入しているソリッドレイ研究所が有名であるが、日本の建築業界で開発・運用されているVRの装置も数が多い。調査の結果、表3-1に示すような17点が確認された(2014年10月現在)。表3-1は、ゼネコン16社、ハウスメーカー18社、組織設計事務所25社の報告書やHP(Homepage)上に公開された情報を調査し、企業が公開しているVRの装置を整理したものである^{注1)}。その整理において、PCやタブレット端末によって、3Dモデルや実際のモデルルームの静止画、映像、ウォークスルーを簡単な操作で閲覧できるようにした機能に限られている場合は、本論文が扱うVRの装置とは区別し、表3-1から除外した。また、表3-1に対応した表3-2では、表3-1に挙げたVRの装置を「VRにより再現される情報の提示方法」や「利用者の位置情報」、「操作方法」に分けて整理した。「VRにより再現される情報の提示方法」では、後述する本論文で用いたVRの装置の「没入型VRシステム」と比較できるように、視覚、聴覚、平衡感覚、

表3-1 日本の建築分野において開発・運用されているVRの装置

No.	VRの装置の名称	開発企業	発表年	主な利用目的	主なVRの装置の特徴	出典
1	トライエ ヴァーチャル	大和ハウス工業	2014	住まいの疑似体験	VRと現実が融合した住まいの疑似体験が可能	7
2	visiMax® Mobile	竹中工務店	2014	設計段階における施主との意思疎通	竣工前の建物の様子を集団で疑似体験が可能	8
3	VRuno®	竹中工務店	2014	設計段階における施主との意思疎通	竣工前の建物の様子を容易に疑似体験が可能	9
4	3Dクレーンブーム位置監視システム	三井住友建設	2014	建設オペレータの状況認知・判断能力の不足の補完	複数のクレーンを同一システム上で統合的に監視	10
5	Holostage	清水建設	2014	道路交通騒音対策の評価	リアルタイムに立体音響を再現	11
6	BIM-CAFM 連携システム	大成建設	2013	維持管理業務の効率化	BIM-VR連携ビューアとCAFMのDBを連携	12
7	病院VRシステム	戸田建設	2013	3D画像による関係者とのイメージ共有	病院の手術室や病室に特化	13
8	次世代無人化施工システム	大林組	2012	無人化施工の実現	多感覚の再現による遠隔重機操作環境の構築	14
9	マシンモニタリングシステム	竹中工務店	2011	建設オペレータの状況認知・判断能力の不足の補完	GPS・姿勢検知器に基づいた位置検知による重機VRの作成	15
10	トヨタホームタウン	トヨタホーム	2010	VRでのモデルハウス巡り	等身大のVR映像によるモデルハウス巡りが可能	16
11	Hybridvision	大成建設	2009	各種シミュレーション結果の融合による総合的な予測評価	シミュレーションやBIMと連動	17
12	仮想住環境シミュレーションシステム	大成建設	2004	住宅購入予定者に対するプレゼンテーション	音声認識によるVR映像操作	18
13	コンド・ヴィジョン	大成建設	2003	マンションのモデルルームとしての活用	VRモデルルームとしての実用	19
14	MAEDA 3D-CADシステム	前田建設	2003	コストを含んだ立体的な建築設計の実現	BIMとの一体性	20
15	visiMax®	竹中工務店	2001	設計段階における施主との意思疎通	竣工前の建物の様子を集団で疑似体験が可能	21
16	先進的販売センター	長谷エコーホレーション	2001	マンション販売のためのメディア制作	視覚的なメディア制作の利用	22
17	(不明)	鹿島建設	(不明)	多人数間での円滑な合意形成	遠隔でもリアルタイム共有が可能	23

(2014年10月現在)

「発表年」の若い順に「No.」を付け整理した。また、「出典」には3章における参考文献の番号を示した。

網掛け部分は、3章の本文中に詳細を説明した。

触圧覚の4情報を細項目とした。特に、本章では、最近発表されたVRの装置のなかで、「没入型VRシステム」に比較的類似性の高い2つの装置を紹介する。一方は大和ハウス工業が開発した「トライエ ヴァーチャル」であり、他方は竹中工務店が開発した「visiMax® Mobile」である。

大和ハウス工業は、2014年4月に「東京都千代田区の東京本社敷地内に戸建住宅体感施設『TRY家Lab (トライエ・ラボ)』をオープン」させた。「TRY家Lab」は、「『注文住宅は一生のうちで一番大きな買い物』と言われているにも関わらず、お客さまの理想の家をゼロから創るといった商品の特性のために」叶わなかった「マイホームの『試着』を実現」することを目的に作られた施設である。その施設には、「ヴァーチャル技術で『住まいの疑似体感』スタジオ『トライエ ヴァーチャル』」(図3-3)⁷⁾が設置されている。「トライエ ヴァーチャル」は、「キャノン株式会社が提供する現実世界と仮想世界をリアルタイムで融合する3D映像技術」により、ユーザーが「提案中の間取りの中にいるような疑似体験」を可能にしている。具体的には、「スタジオ内に多数設置したセンサーにより、ヘッドマウントディスプレイに映し出されたヴァーチャルプランとお客さまの動きを融合させることで、まるで

表3-2 表3-1におけるVRの装置の特徴

No.	VRの装置の名称	開発企業	VRにより再現される情報の提示方法				利用者の位置情報	操作方法
			視覚情報	聴覚情報	平衡感覚情報	触圧覚情報		
1	トライエ ヴァーチャル	大和ハウス工業	ヘッドマウントディスプレイ	-	光学式トラッキング	-	光学式トラッキング	利用者の動作
2	visiMax® Mobile	竹中工務店	自立・自動展開方式のエア・ドーム・スクリーンプロジェクター	-	-	-	-	コントローラ
3	VRuno®	竹中工務店	PC画面 タブレット画面 3Dモニター	-	-	-	-	タブレット端末 コントローラ
4	3Dクレーンブーム位置監視システム	三井住友建設	タブレット画面 PC画面	-	-	-	GPS	タブレット端末 マウス
5	Holostage	清水建設	3面スクリーン プロジェクター	8chスピーカー	-	-	光学式トラッキング	コントローラ
6	BIM-CAFM連携システム	大成建設	タブレット画面 (Webブラウザ)	-	-	-	-	タブレット端末
7	病院VRシステム	戸田建設	タブレット画面 PC画面	-	-	-	-	タブレット端末 マウス
8	次世代無人化施工システム	大林組	3Dモニター	2chスピーカー	体感装置付運転席	体感装置付運転席 重機コントローラ	-	重機コントローラ
9	マンシモニタリングシステム	竹中工務店	タブレット画面	-	-	-	GPS 姿勢検出器	タブレット端末
10	トヨタホームタウン	トヨタホーム	ドーム型スクリーン プロジェクター 立体視メガネ	-	-	-	-	タッチパネルディスプレイ
11	Hybridvision	大成建設	1面スクリーン プロジェクター 立体視メガネ	-	-	-	-	コントローラ 三次元指示デバイス
12	仮想住環境シミュレーションシステム	大成建設	液晶ディスプレイ 立体視メガネ	-	-	-	-	集音マイク
13	コンド・ヴィジョン	大成建設	液晶ディスプレイ 立体視メガネ	-	-	-	-	コントローラ
14	MAEDA 3D-CADシステム	前田建設	PC画面	-	-	-	-	マウス
15	visiMax®	竹中工務店	広視野角ドーム型スクリーン プロジェクター	-	-	-	-	コントローラ
16	先進的販売センター	長谷工コーポレーション	PC画面	-	-	-	-	マウス
17	(不明)	鹿島建設	PC画面 (Webブラウザ)	-	-	-	-	マウス

(2014年10月現在)

「No.」は、表3-1と対応している。また、欄内の「-」は該当するものがない場合に記載した。
網掛け部分は、3章の本文中に詳細を説明した。

自分が家の中で動き回っているように見え、部屋の広さや内装の色などを体感」できる。また、「スタジオ全体を『緑』にすることで、CGと実写を合成する演出が可能となり、提案中の住宅の前でご家族の記念撮影をしたり、擬似体感中の映像にお客さま自身やご家族を映しだすこと」もできる。⁷⁾

一方、竹中工務店は、2014年1月に「設計段階において、お客様が建物内部・外部の様子をVR（バーチャルリアリティ）で体感できる可搬型の広視野角視覚シミュレーター（模擬装置）『visiMax® Mobile（ビジマックス® モバイル）』」（図3-4）⁸⁾を発表した。「visiMax® Mobile」は、「直径4mの専用小型軽量完全遮光エアドームの開発により実現した“可搬型曲面スクリーン”」に、「通常は平面上に結像する透視図（パース）を、三次元曲面上に歪みなく高速で作画するための自社開発“映像生成ソフトウェア”」により生成されたコンテンツを、「球面スクリーン等に超広角度・高解像度で投影できる特殊な“魚眼プロジェクター”」により投影することで、複数人が1つのVRを同時に体感することができる装置である。この装置には、「簡便かつスピーディーな建築VRプレゼンテーションのコンテンツ制作手法も構築」されていることにより、「建築や開発計画の、意匠・施工計画・



図3-3 トライエ ヴァーチャル

都市計画などの幅広い対象のプレゼンテーションに際し、三次元ゲーム感覚の自在な視点移動による理解しやすい説明ツールとして様々な活用が期待」されている。⁸⁾

以上により、建築分野においても VR の導入が進んでいることがわかった。しかしながら、詳しく説明をした 2 点の最新の VR 事情をみても、ユーザーと設計者が共に建築設計することを可能にする [創造のための道具] にまで VR の利用が進んでいないことが窺えた。つまり、建築設計において VR を用いた場合、現状ではユーザーへのプレゼンテーションの道具（ユーザーの経験を深めるという [教育のための道具]）としての限定的な利用に留まっており、多様なユーザーの情報（意見や身体反応など）を科学的なエビデンスによってフィードバックできる段階には至っていなかった。今後、自動車分野のように、より積極的な VR の利用を建築分野にも考えた場合、図面や模型、CG 写真などのプレゼンテーションツールの代用としてだけではなく、日産自動車の例以上にユーザーの意向（情報）を反映させて改変し、合意形成に至るまでのツールへと展開することが望まれる。



図 3-4 visiMax® Mobile

3.2. ストレス指標を用いた建築設計

3.2.1. 不安障がい者の現在

不安障がいは、日本が重点対策を講じる精神疾患の代表的な1疾患であり、健康的な日常生活を脅かす症状をもたらす。

ジョン・ピネルによると、不安障がいとは、「直接的脅威がないにもかかわらず持続する慢性的恐怖」が「強いために正常機能が破綻してしまう」疾病を指す (p.362)。不安障がいを発症した場合、「不安感 (例: 恐れ, 心配, 落胆) と, さまざまな精神的ストレス反応 (例: 頻脈 tachycardia, 高血圧 hypertension, 吐き気, 呼吸困難, 不眠, グルココルチコイド濃度の上昇)」などの症状がみられる (p.362)。²⁴⁾ これらの症状によって、場合によっては社会に適応することが困難になり、健康な日常生活が営めなくなる。

また、以上のような症状を発症する不安障がい者は、決して少なくはない。ダン・J・スタインとエリック・ホランダールは、米国の「疫学調査領域 (ECA) 研究と National Comorbidity Survey (NCS) 研究はともに不安障害が気分障害や物質乱用障害よりも多いことを示し」、米国内の「不安障害による損失は全精神障害による損失の3分の1」を占めることを示した (p. i)²⁵⁾。日本においても、同様に不安障がいに罹患する患者は多い。不安障がいを主訴に医療機関に受診している (入院・外来を含む) 患者数は、2011年時点で57万人を超えた。この患者数は、2011年に日本国民の5大疾病として医療の重点対策が必要とされた精神疾患の2割弱を占める計算になる。

²⁶⁾ さらに、不安障がいは、周囲に健常者として認識されている人々の中に、気づかれずに存在している可能性がある。スタインとホランダールは、「不安障害患者は誤診されたり、適切な治療を受けられない状況が続いている」 (p. i) ことを危惧した。そして、その原因について、「おそらく誰もが不安というものを経験するがゆえに、治療者 (保護者) は不安障害という病態の存在にきづきにくく、患者本人は助けを求めにくいのかもしれない」と推察した (p. i)。²⁵⁾ つまり、スタインとホランダールの指摘から、周囲に理解されていない不安障がい者が潜在的に存在し、今なお不安に充ちた生活を強

いられている可能性が示された。また、既に確認されている多数の不安障がい者の存在は氷山の一角に過ぎず、実際にはさらに多くの不安障がい者が存在することが示唆された。さらに、健常者においても不安は存在し、その軽度な不安と不安障がいに至らせる病的な不安は判断が付きにくいことが示された。その理由には、両者の境界が、「人間の基本的な性質の一部として普遍的に認められる」(p.2)²⁵⁾ 不安の段階的な推移の内に定まることに寄与していることが考えられる。

このような不安障がいを取り巻く状況の中で、日本の不安障がいに対する活動も加速している。比較的最近の2007年には日本不安障害学会が設立し、「不安障害とその関連領域に関する研究」の推進により、「不安障害の理解の普及」と「精神医学・心身医学・精神科医療の発展」、「精神保健の充実」に寄与することを目的に2014年現在も活動を展開している²⁷⁾。

3.2.2. 建築設計が対応可能な不安障がい

不安障がいに対して、建築設計による対応が可能な範囲が存在する。

不安障がいの分類には、主に2種類がある。一方は米国精神医学会（APA）によるDSMの分類があり、他方は世界保健機関（WHO）による国際疾病分類（ICD）の分類がある。両者の分類には次のような違いがある。前者は、「不安障害」という大項目が明記され分類されていることに対して、後者は、「神経症性障害、ストレス関連障害および身体表現性障害」の一部として各不安障害が分類されている。したがって、本論文では、前者の分類を主に扱い、適宜後者の分類による補足を行なう。

2000年米国精神医学会（APA）が刊行した『DSM-IV-TR 精神疾患の分類と診断の手引き（Quick Reference to the Diagnostic Criteria from DSM-IV-TR）』によると、不安障がいは次の12のカテゴリーに分類できる。具体的には、①広場恐怖を伴わないパニック障害、②広場恐怖を伴うパニック障害、③パニック障害の既往歴のない広場恐怖、④特定の恐怖症、⑤社会恐怖、⑥強迫性障害、⑦外傷後ストレス障害、⑧急性ストレス障害、⑨全般性不安障害、⑩…[一般身体疾患を示すこと]…による不安障害、⑪物質誘発性不安障害、⑫特定不能の不安障害である。²⁸⁾ ティモシー・A・ブラウンは、それらのカテゴリーについて表3-3のように診断の特徴をまとめている注2) 25)。

建築設計の観点から不安障がいに対応することを前提とした場合、④特定の恐怖症が特に注目される。特定の恐怖症とは、「ある特定の対象または状況（例：飛行、高所、動物、注射をされること、血を見ること）の存在または予期をきっかけに生じた、強くて持続的な恐怖で、過剰または不合理なもの」（pp.174-175）を指す。そして、患者は、「回避、不安を伴う予期、または恐怖状況の中での苦痛のために、その人の正常な毎日の生活習慣、職業上の（または学業上の）機能、または社会活動や他者との関係が障害されており、またはその恐怖症があるために著しい苦痛を感じている」（p.175）。

²⁸⁾

また、特定の恐怖症は、「対象または状況」によって5つの病型に分類さ

表 3-3 DSM- IVにおける主要な不安障害カテゴリーの改正点と診断の特徴

障 害	診断の特徴	DSM-IVにおける改正点
パニック障害	予期しないパニック発作が繰り返し起こる また発作が起きるのではないか、またその結果 への持続的な心配／懸念	パニックの重症度（軽症、中等症、重症）の削除 パニック類型（予期不可能、状況依存性、状況誘発性） の導入 1ヵ月間に少なくとも4回のパニック発作の既往という 事項を、「繰り返し起こる」に変更 認知的特徴（例：パニックへの心配、誤った認知）の強調 「恐怖感を伴わないパニック障害」を含むために「発作 と関連した行動の大きな変化」という項目を作成
広場恐怖を伴う パニック障害	パニック障害の基準を満たす 広場恐怖：パニック発作が起こるかもしれない 状況への恐怖／回避	パニック障害を参照 広場恐怖の重症度（軽症、中等症、重症）の削除
社会恐怖	恥をかいたり恥ずかしい思いをする可能性のあ る社会的状況への著しい恐れ／回避	社会的状況に限って起こる予期しないパニック発作（状 況誘発性）がある場合に診断がつけられる
特定の恐怖症	ある特定の対象または状況（例：高所、閉所、 注射をされること）への恐怖／回避	恐怖の病型（動物型、自然環境型、状況型、血液・注 射・外傷型、その他の型）の導入 恐怖状況／対象に限って起こる予期しないパニック発作 がある場合に診断がつけられる 以前は「単一恐怖」と呼ばれていた
全般性不安障害	多数の出来事や活動についての慢性的で過剰な 制御できない心配（例：仕事や学業、家計）	制御することが難しい心配という基準 心配の範囲を2つ以上から「多数の出来事や活動」へ 併発症状を、主に自律神経系の症状を削除することで18 項目から6項目に変更 「過剰不安障害」のカテゴリーを小児期／青年期診断に 移行
強迫性障害	反復的、持続的な思考、心象、または衝動 （例：汚染への過剰な懐疑心や思考） 苦痛を緩和したり、強迫を中和するための反復 的行動または心の中の行為	強迫観念／行為の認識 強迫観念と慢性的心配を区別する鑑別診断基準を導入 強迫観念および強迫行為が過剰であり、不合理であるこ とを認識されていない場合を「洞察に乏しいもの」と して導入
外傷後 ストレス障害	持続的な再体験（例：夢、フラッシュバック） と苦痛、また以前に体験した外傷（例：レイ プ、戦争）と関連した刺激の持続的回避	外傷的出来事の基準が主観的反応（強い恐怖、戦慄、無 力感）を必要とすると改訂 症状の持続期間（急性、慢性）の導入 解離症状を強調した短期的な過剰ストレス反応を、急性 ストレス障害という新カテゴリーで導入

れている。具体的には、①動物型、②自然環境型、③血液・注射・外傷型、④状況型、⑤その他の型である。とりわけ、建築設計の観点から特に対応できる病型には、②自然環境型と④状況型の2種類が該当する。自然環境型は、「嵐、高所、または水など、自然環境の対象がきっかけで恐怖が生じている場合」(p.175)を指す。また、状況型は、「公共輸送機関、トンネル、橋、エレベーター、飛行、自動車運転、または閉ざされた場所などの特定の状況がきっかけで恐怖が生じている場合」(p.176)を指す。²⁸⁾また、DMSの以上2種類における具体的な対象や状況に対応するICDの記述を確認すると、「特定の動物への接近、高所、雷、暗闇、飛行、閉所、公衆便所での排尿あるいは排便、特定の食物の摂取、血液あるいは外傷の目撃、特定の疾患の罹患に対する恐れ」(p.149)²⁹⁾がある。この中で、DSMの自然環境型に分類されると推察される対象や状況には、「雷」、「暗闇」が該当し、状況型のそれらには、「公衆便所での排尿あるいは排便」が該当する(DMSで既に記載されたものを除く)。

以上の各病型に挙げられた特定の恐怖の対象や状況を整理すると、建築設計による対応が可能な範囲を抽出でき、それらの特性が明らかになる。DMS、および、ICDの分類から建築設計が対応可能な特定の恐怖を抽出し、病型毎に特定の対象や状況とそれらに関連する主な建築空間を整理した。それにより、建築設計が対応可能な特定の対象や状況として7種類(「嵐」、「高所」、「雷」、「暗闇」、「エレベーター」、「閉ざされた場所」、「公衆便所での排尿あるいは排便」)を抽出した^{注3)}。

自然環境型の対象や状況として挙げられた「嵐」は、自然現象の1つであり、人類が避けられない災害の1つである。建築物によって嵐から物理的に防護するだけでなく、安心感を与える工夫などを施すことにより、嵐を起因とした恐怖感に対応できる可能性がある。「高所」は、高層建築物が乱立する昨今において、日常的に生活する場所として作り出されている。高層階の窓際などのデザインを工夫することにより、高所を起因とした恐怖感に対応できる可能性がある。「雷」は、「嵐」同様の自然現象の1つである。雷を認識させる光や音などを軽減することにより、雷を起因とした恐怖感に対応で

きる可能性がある。「暗闇」は、あらゆる建築物において、夜間の停電などによっていつでも発生しうる。予期できない暗闇を防ぐ技術的な工夫などを施すことにより、暗闇を起因とした恐怖感に対応できる可能性がある。

また、状況型の対象や状況として挙げられた「エレベーター」は、高齢者の居住の安定確保に関する法律やハートビル法によって、一定以上の階を有する建築物に設置が求められ、建築物に欠かせない設備である。エレベーターの安全性や信頼性などを向上させることにより、エレベーターを起因とした恐怖感に対応できる可能性がある。「閉ざされた場所」は、無窓居室や地下空間など、建築物において作り出される場所である。閉塞感を感じさせないデザイン上の工夫などにより、閉ざされた場所を起因とした恐怖感に対応できる可能性がある。「公衆便所での排尿あるいは排便」は、公衆便所という公共建築物が密接に関係している。公衆便所の設計を工夫することで利用者の認識を変えるなどすることにより、公衆便所での排尿あるいは排便を起因とした恐怖感に対応できる可能性がある。

さらに、以上7種類の対象や状況毎に、恐怖を認識する上で中心的な機能を果たす感覚を考察すると、視覚の重要性が浮き彫りになった。各対象や状況に対して、生理学的に分類された9点の感覚（特殊感覚5点：①視覚、②聴覚、③嗅覚、④味覚、⑤平衡感覚／一般感覚（体性・内臓）4点：⑥触圧覚、⑦温覚、⑧冷覚、⑨痛覚）の1感覚に制限するという条件を想定した場合に、特定の恐怖を認識できるか独自に判断した。その結果、視覚だけは、7種類全ての対象や状況において、単独の感覚で恐怖を認知できることが明らかになった。つまり、建築設計が対応可能な特定の対象や状況としての7種類（「嵐」、「高所」、「雷」、「暗闇」、「エレベーター」、「閉ざされた場所」、「公衆便所での排尿あるいは排便」）を認知する上で、視覚は極めて重要な役割を果たしている。また、対象や状況によっては視覚の他に、聴覚や嗅覚、平衡感覚、触圧覚が恐怖を認識する上で役割を果たすことも明らかになった。

以上により、建築設計による対応の検討が可能な「特定の対象や状況」によって、「正常な毎日の生活習慣」が障害され、「著しい苦痛」を強いられている不安障がい者が存在していることが明らかになった。そして、「嵐」や

「高所」、「雷」、「暗闇」、「エレベーター」、「閉ざされた場所」、「公衆便所での排尿および排便」の特定の対象や状況に対して、建築設計により適切な対応を講じることによって、不安障がいの一部に対応していける可能性が示された。その場合、まず、視覚に留意して対応を検討する必要があるが、特定の恐怖の対象や状況によっては、聴覚や嗅覚、平衡感覚、触圧覚についても勘案の必要があることが示された。

3.2.3. 不安障がいの観測

ストレス指標（向性的身体情報^{注4)}）が、不安障がいの有力な指標になる。山崎勝男によれば、不安に伴う顕著な身体反応には「心悸亢進，筋緊張，手掌発汗，口渇，頻尿，身体の震えなど」が存在し、その「大部分は交感神経系の機能亢進として把握できるもの」であると示された（pp.128-129）³¹⁾。そして、これらの身体反応を捉える方法として、ポリグラフィーの方法が有効である。山崎によれば、ポリグラフィーには、「脳波，筋電図，瞬目，皮膚電気活動，心臓血管系など」の多くの指標が存在している。また、それらポリグラフィーの共通の利点は、「実施面において患者，被験者に対して苦痛，侵襲をほとんど与えることなく，時間的推移を数量化できる」点にあることが示された。（p.129）³¹⁾つまり、ポリグラフィーの方法論により記録されたストレス指標を基に、苦痛や侵襲なく不安の状態を時系列に捉えることが可能である。しがたって、不安障がいの状態を把握する場合、ストレス指標（向性的身体情報）を記録することが有効である。

本論文では、ポリグラフィーの主要な指標の1つである皮膚電気活動（EDA: Electro-Dermal Activity）（以降、EDA と記す）をストレス指標（向性的身体情報）として採用した。山崎によれば、不安に関連したポリグラフィーには、主に6種類あることが示されている。表3-4では、山崎の指摘³¹⁾を基に、それら6種類の不安関連の研究における主な特徴を整理し、それぞれの指標の信頼性について考察した。不安関連の研究における主な特徴の根拠とした記述の所在は、「参考頁」の欄に参考文献31)の頁数を示した。表3-4によると、各種において不安と関連した研究が行われているが、とりわけ、EDAの信頼性が高いと判断した。その理由は、EDAと不安の関連を示した多くの研究において結果が一様であり、状態不安、特性不安ともにEDAとの明確な関連性を示したことが挙げられる。また、嫌悪刺激や新奇刺激に対して、他の指標に比べ非常に敏感な反応を示す指標であることも重要な理由である。

EDAとは、「精神性の発汗を電氣的にとらえたもの」である。精神性発汗とは、「生体が緊急時に際して対処する行動-闘うか、逃げるか-と密接

に関連した発汗」といわれ、「手掌や足底」に多く発汗部位が分布している (p.210)³¹⁾。そして、「不安レベルの高まりに対応してその(皮膚伝導度の変動)出現頻度を増加させる」(括弧は筆者)ことが知られている (p.132)³¹⁾。特に、「3.2.2. 建築設計が対応可能な不安障がい」において、建築設計による対応の検討が可能な不安障がいの範囲とした「特定の恐怖症」では、「健常者にとっては中性または脅威の少ない特殊な刺激に、過剰な(EDAの)反応をするという特徴がある」(括弧は筆者) (p.134)³²⁾。また、山崎によれば、全般性不安患者とも異なり、「恐怖症患者はSCR(皮膚コンダクタンス反応)の全般的な増加を示さず、ただ彼ら特有の恐怖関連刺激にだけ過剰反応する」ことが知られている。つまり、EDA(特にResponse)(図3-5)を測定することで、建築設計による対応が可能な不安障がいに罹患する患者

表3-4 不安に関連したポリグラフィーの特徴と信頼性

	不安関連の研究における主な特徴	参考頁	指標としての信頼性の評価
脳波	・不安関連の研究が非常に少ない。	129	△ 研究が非常に少なく検討が不十分 慢性不安・強迫性障害に傾向
	・慢性不安状態では、α活動が少なく、β活動が多い。	129	
	・不安患者の随伴陰性変動が小さい。	129	
	・認知課題に対するP300が強迫性障害の弁別に有効である。	129	
	・不安患者の慣れの遅さや慣れの欠落がみられる。	133	
筋電図	・通りいっぺんの筋電図測定では、臨床不安の有用な指標として信頼性に欠ける。	130	△ 有用な指標として信頼性が乏しい 今後の研究への期待
	・顔面表情筋の筋電図パターンが気分状態の優れた指標になりえる。	131	
	・顔面の筋電図に関する将来の研究成果が期待される。	131	
	・不安患者の慣れの遅さや慣れの欠落がみられる。	133	
縮目	・不安関連の研究が非常に少ない。	131	△ 研究が非常に少なく検討が不十分 有用な指標として信頼性が乏しい
	・縮目と不安の間に有意な関係を見出していない研究がある。	131	
	・不安状態時に、臨床的に高頻度の縮目率が観察される。	131	
EDA	・不安患者の皮膚コンダクタンス変化の研究結果は一様である。	132	◎ 研究結果が一様 状態・特性不安と明確に関連 嫌悪・新奇刺激に非常に敏感な指標
	・不安患者は、皮膚の伝導度が増加し、自発性の皮膚伝導度の変動が多発する。	132	
	・皮膚コンダクタンス変化を用いて不安患者を弁別できる。	132	
	・不安患者の慣れの遅さや慣れの欠落がみられる。	133	
	・皮膚コンダクタンス反応差(手掌・手背)は、恐怖反応の敏感な指標として役立つ。	135	
	・状態・特性不安と明確に関連する。	140	
心臓血管系	・不安患者の慣れの遅さや慣れの欠落がみられる。	133	○ 心拍数を指標とする場合、信頼性が乏しい 不安患者の指尖容積脈波に一定の傾向
	・不安患者の心拍数は健常者よりも高いという報告が多いが、必ずしも結果が一致していない。	136	
	・心拍数を信頼できる不安の指標として使用するには抵抗がある。	136	
	・不安患者は、指尖容積脈波の振幅の持続的に減少する。	137	
	・不安患者は、指尖容積脈波の基線動揺がきわめて不安定である。	137	
胃電図	・指尖容積脈波の基線動揺の増大が、不安状態を反映する。	138	△ 研究が非常に少なく検討が不十分
	・生理心理学の研究が非常に少ない。	139	
	・冷水ストレスによって、胃の内容物排出が減少する。	139	

参考文献31)を基に表3-4を作成(「指標としての信頼性の評価」は筆者の考察より作成)した。参考頁は、参考文献31)に対応している。

の状態を把握できる。

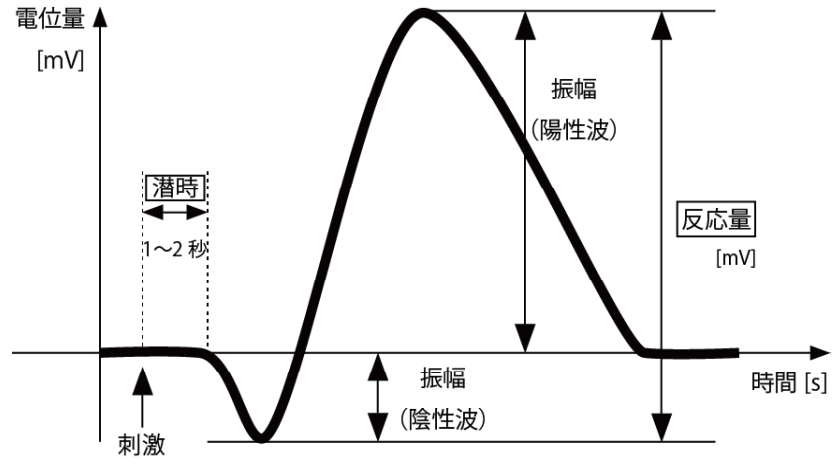


図 3-5 EDA の Response

3.2.4. 不安障がい者の利用に求められる設計方法

不安障がい者に求められる設計方法は、不安障がい者の申告による志向的身体情報^{註4)}だけではなく、向性的身体情報を含んだストレス指標を基にユーザーと設計者が設計案を検討できる方法である。

3.2. では、不安障がい者が、健康的な日常生活を脅かす日本の代表的な1疾患あり、部分的には建築設計による対応が可能な範囲が存在することを指摘した。そして、ストレス指標によって、不安障がいの状態を把握することができることを示した。つまり、「嵐」や「高所」、「雷」、「暗闇」、「エレベーター」、「閉ざされた場所」、「公衆便所での排尿および排便」を主要因としている不安障がい者に対して、当人のストレス指標（向性的・志向的身体情報）を根拠に空間性を評価することにより、不安障がいの病状を考慮した建築のデザインを設計者は提案することができる。したがって、不安障がい者に求められる設計方法は、不安障がい者の申告による志向的身体情報だけではなく、向性的身体情報を含むストレス指標を基にした設計方法であると言える。

3.3. VR とストレス指標を用いた建築設計方法の定義

2章、および、3章を根拠に、今後必要とされる「VR とストレス指標を用いた建築設計方法」について定義する。

2章では、生活者の把握を第一義とした建築計画学、及び、生活者の視点を取り込むことを目指した設計方法論の経緯と今後の課題から、両者の融合の可能性を示した。建築計画学は、学の発生当初の精神を展開し、より本質的な生活者の実態に基づいて建築を評価（特に建築内部の意匠に対する評価）することの重要性を示し、その評価を積極的に設計に取り込む必要性を示した。一方、設計方法論は、設計プロセスの中に建築計画学の知見に基づいて生活者の視点を取り込むことの重要性を示した上で、その具体的な方法を今後の課題とした。以上により、建築計画学はその知見を設計へ応用されることを、設計方法論は設計プロセスに建築計画学的知見を取り込むことを求めたことが明らかになった。そして、具体的に、建築計画学の研究を基礎として得られた生活者の視点を設計プロセスに取り込む仕組みについて課題を残した。

3章では、VR を用いた建築設計とストレス指標を用いた建築設計の経緯から、新しい建築設計の可能性が示された。VR は、技術の発展と時代的要求に支えられ、今後身近な世界として普及していくことが見込れた。そして、建築分野においても、ユーザーへのプレゼンテーションの道具としての限定的な利用を超えて、生活者の意向（情報）を反映させて改変し、合意形成に至るまでのツールへと展開する可能性を示した。一方、不安障がい者の向性的・志向的身体情報によるストレス指標は、不安障がい者の情報を建築設計に反映させるツールとして有効な指標として示された。不安障がいは、日本の代表的な1疾患あり、部分的には建築設計による対応が可能な範囲が存在する疾患である。ストレス指標によって、不安障がいの状態を把握することができることから、当人のストレス指標を根拠に空間性を評価し、不安障がいの病状に対応できる建築のデザインを設計者は提案することが可能である。

以上、2章、および、3章により、VRとストレス指標を用いることで、建築計画学と設計方法論の両者が求めたユーザーの視点を、建築設計プロセスに取り込めることが明らかになった。さらに、この建築設計プロセスは、健常で汎用なユーザーもさることながら、健常者とシームレスに繋がる不安障がい者に対して特に有効な手法になることが明らかになった。具体的には、この建築設計プロセスを4つの条件を満たす「VRとストレス指標を用いた建築設計」として定義できる。

「VRとストレス指標を用いた建築設計」の4つの条件

- ① VRを用いて設計段階の建築物をユーザーが体験できること
- ② 建築計画学的基準をあらかじめ設定できること
- ③ VRを体験中のユーザー（不安障がい者など）のストレス指標（向性的・志向的身体情報）を位置づけられること
- ④ 位置づけたストレス指標を基にユーザーと設計者が共通の認識に立って設計案の検討ができること

以上のような本論文が定義した「VRとストレス指標を用いた建築設計」は、既往の建築分野の研究によって実現されていない。

建築分野において類似した目的の既往研究には、小野浩史ら^{19), 33) -35)}の設計段階において住環境性能を予測・評価・確認するVRシステムの開発がある。VRを用いて「設計者・解析専門家と施主、特に一般住宅購入予定者の意思の疎通を図る方法」(p.393)¹⁹⁾を探究した研究として、本論文の目的と類似している。

しかしながら、小野らの研究は、主に「建築設計段階のプレゼンテーションに活用」(p.567)³⁵⁾することを主眼に開発され、また、身体情報の取得を伴わない簡易的なVRを用いたシステムに留まっていた。具体的には、「液晶テレビ」を「立体視用メガネ」を介して見させることにより、「光・音・熱環境」を視覚的に再現したVR映像を取得させ、また、「ゲーム機等に使用されているコントローラ」を「操作」させることにより、ユーザーがVR

空間を「体感」させることを可能にしたシステムであった (pp.393,394)¹⁹⁾。

したがって、小野らの研究では、ユーザーが設計案を体験する水準に至っておらず、また、ユーザーの視点を常に科学的に評価しながら設計案の検討をできるシステムではないことから、本論文が定義した「VR とストレス指標を用いた建築設計」を実現できていない。

以上のような既往研究を念頭に、4章から6章では、実際に「VR とストレス指標を用いた建築設計」を実現するため、次の3つの過程によりシステムの構築と評価をする。第1過程(4章)では、VR とストレス指標を用いた建築設計を可能にするシステムを構築する。つまり、VR を用いて設計段階の建築物をユーザーが体験し、その体験中のユーザーのストレス指標を抽出することができるようにすることで、ユーザーの状態を設計プロセスに取り込みことが具体的に可能なシステムを構築する。第2過程(5章)では、本システムのストレス指標の再現精度を検証する。つまり、ユーザーと設計者が共通の認識に立って設計案の検討が「適切に」図れるシステムとするために、本システムが作り上げたVR 上でのストレス指標が、現実の場合をどの程度再現できるのかを検証する。第3過程(6章)では、本システムが建築計画学的基準を設定でき、かつ、その基準を基にストレス指標を位置づけることで、建築設計を判断できるシステムであることを検証する。つまり、ストレス指標の特性から基準値を設定し、その基準値と比較してユーザーのストレス指標を位置づけ、また、本システムを用いて実験を行なうことで、設計案をストレス指標の統計学的な判断により判別できるか検証する。以上の4章から6章の過程により、4つの条件を網羅した「VR とストレス指標を用いた建築設計」を具体的に構築・評価する。

注

注1) 調査対象とした企業の内訳は、次の通りである。

ゼネコン16社（安藤・間、奥村組、熊谷組、戸田建設、五洋建設、鴻池組、三井住友建設、鹿島建設、清水建設、西松建設、前田建設工業、大成建設、大林組、竹中工務店、長谷工コーポレーション、東急建設）50音順
ハウスメーカー18社（東日本ハウス、積水ハウス、新大阪建設、新昭和、住友林業、三井ホーム、一条工務店、旭化成ホームズ、レオハウス、ヤマヒサ、ヤマダ・エスバイエルホーム、ミサワホーム、パナホーム、トヨタホーム、大和ハウス工業、セキスイハイム、サンヨーホームズ、アイダ設計）50音順

組織設計事務所25社（NTTファシリティーズ、アール・アイ・エー、アイ・エヌ・エー新建築研究所、ジェイアール東日本建築設計事務所、梓設計、安井建築設計事務所、伊藤喜三郎建築研究所、横河建築設計事務所、久米設計、宮建築設計、佐藤総合計画、坂倉建築研究所、三菱地所設計、山下設計、昭和設計、松田平田設計、石本建築事務所、大建設、東急設計コンサルタント、東畑建築事務所、内藤建築事務所、日建設、日総建、日本設計、類設計室）50音順

注2) ティモシー・A・ブラウンは、DSM-IVについて診断の特徴をまとめていた。本論文が不安障がい分類の根拠として用いたDSM-IV-TRは、DSM-IVの改訂版である。しかしながら、高橋三郎によれば、「DSM-IVはいわば今日の精神科診断学としては1つの完成した様式」(p.9)であり、DSM-IV-TRは、「DSM-IVの解説(Text)の部分を改訂(Revision)」(p.10)に留まっていることが示された²⁸⁾。したがって、DSM-IV-TRとDSM-IVの分類には差がなく、ブラウンが示したカテゴリー別の診断の特徴(表3-3)をDSM-IV-TRの分類の理解に用いることは、大きな問題ではない。

注3) 建築設計が対応可能な特定の対象や状況である7種類を、一覧にして整理した。「病型」別に「特定の恐怖の対象や状況」を分類し、それぞれに「主な関連する建築空間」を想定して示した。

病型	特定の恐怖の対象や状況	主な関連する建築空間
自然環境型	嵐	全般
	高所	高層の居室
	雷	全般
	暗闇	全般
状況型	エレベーター	エレベーター内部
	閉ざされた場所	無窓居室 地下空間
	公衆便所での排尿あるいは排便	公衆便所

注 4) 本論文が扱う身体情報とは、建築主や利用者から取得可能な身体に関する情報を指す。具体的に身体情報は、向性的情報と志向的信息とに大別することができる。市川浩によれば、向性的とは「まったく意識をともしないか、結果が意識されることはあっても、過程が意識されることのない機能」(p.129)を指し、志向的とは「意識をともしなうか、さしあたっては意識されないが、容易に意識化しうる機能」(p.129)を指す。したがって、本論文が扱う向性的情報とは、「不随意的」に働く「自律神経系や内分泌系」、「脳・脊髄神経系」によって支えられている人体が、「みずからの状態をかえることによって外部環境のもつ意味をかえ」た時に取得される人体の生理的情報を指す(pp.129,130)。また同様に、志向的信息とは、「情動」や「知覚」、「行動」を自覚や他覚によって「〈主語-述語〉の形式」に記述できる情報を指す(pp.139,142)。³⁰⁾

参考文献

- 1) 日本バーチャルリアリティ学会 編, 舘暲他 監修: バーチャルリアリティ学, (株) 工業調査会, 2010.1
- 2) Facebook HP (HomePage) : Facebook to Acquire Oculus, <http://newsroom.fb.com/news/2014/03/facebook-to-acquire-oculus/>, 2014.03.25, 2014.6.19 閲覧
- 3) Oculus 社 HP:<https://www.oculusvr.com/order/>,2014.7.4 閲覧
- 4) Nick Stat 著, 川村インターナショナル翻訳校正: 仮想現実の未来はどこへ --Facebook による Oculus VR 買収の意味を考える, CNET Japan, <http://japan.cnet.com/news/commentary/35045790/>, 2014.03.31.07:30, 2014.6.19 閲覧
- 5) AKQA HP: Nissan IDx, <http://www.akqa.com/work/nissan/idx/>, 2014.7.4 閲覧
- 6) 日産 HP: 日産自動車、東京モーターショー来場者と共にアイディーエックス・コンセプト・イメージを創造, http://www.nissan-global.com/JP/NEWS/2013/_STORY/131203-02-j.html, 2013.12.3, 2014.6.20 閲覧
- 7) 大和ハウス HP: 日本初の体感システムで注文住宅を「試着」できる施設 戸建住宅体感施設「TRY 家 Lab (トライエ・ラボ)」オープン, <http://www.daiwahouse.co.jp/release/20140422111522.html>, 2014.4.22, 2014.6.20 閲覧
- 8) 竹中工務店 HP: 簡単に搬送できる新視覚シミュレーター「visiMax® Mobile」を開発 ～建築VR (バーチャルリアリティ) プレゼンテーション表示装置のラインアップ化により、お客様プレゼンテーション時の訴求力強化を図る～, <http://www.takenaka.co.jp/news/2014/01/02/index.html>, 2014.1.15, 2014.6.20 閲覧
- 9) 竹中工務店 HP: パソコンや iPad® などで容易に 3D 疑似体験が可能な「VRuno®」開発 ～設計段階でお客様が建物外観・内部の様子を体験できる～, <http://www.takenaka.co.jp/news/2014/03/01/index.html>, 2014.3.6, 2014.10.28 閲覧

-
- 10) 三井住友建設 HP：3D クレーンブーム位置監視システムを実用化－近接工事における立体的なクレーン作業範囲の監視－，<http://www.smcon.co.jp/2014/09179717/>，2014.9.17，2014.10.29 閲覧
 - 11) 山田哲弥：可視化・可聴化技術を用いた VR 騒音評価システムの開発，清水建設研究報告，第 91 号，pp.121～128，2014.1
 - 12) 佐藤康弘他：BIM -CAFM 連携システムの開発 連携システムの開発 システム概要，大成建設技術センター報，第 46 号，pp.56-1～56-5，2013
 - 13) 戸田建設 HP: バーチャルリアリティーを利用した病院 VR システムを開発－3D で最適なレイアウトを関係者全員で検討できる支援ツール－，<http://www.toda.co.jp/news/2013/20130419.html>，2013.4.19，2014.10.29 閲覧
 - 14) 古屋弘他：3D 画像と体感型操縦を用いた「次世代無人化施工システム」，大林組技術研究所報，No.76，pp.1～10，2012
 - 15) 嘉本敬樹他：建設機械の予防安全技術－マシンモニタリングシステムの開発－，竹中技術研究報告，No.67，pp.1～8，2011
 - 16) トヨタホーム HP：迫力の 3D 映像が楽しめる”トヨタホームタウン”，<http://www.toyotahome.co.jp/atolis/yokohama/floor/theater/>，2008.3.21，2014.10.29 閲覧
 - 17) 佐藤康弘他：最先端 VR(バーチャルリアリティー)システム「Hybridvision」の開発－システム概要と適用事例－，大成建設技術センター報，第 42 号，pp.53-1～53-4，2009
 - 18) 小野 浩史他：住宅 VR システムを用いた音声認識による映像操作機能の開発－機能の概要と操作幅に関する評定実験－，大成建設技術センター報，第 37 号，pp.35-1～35-5，2004
 - 19) 小野浩史他：集合住宅仮想体感システムの開発，日本建築学会技術報告集，第 18 号，pp.393～398，2003.12
 - 20) 前田建設 HP：MAEDA 3D-CAD システム，<https://www.maeda.co.jp/3dcad/index.html>，2014.10.29 閲覧

- 21) 竹中工務店 HP: 新たなビジュアルシミュレータ visiMax (ビジマックス) を開発 超高層マンション販売センターで威力を発揮, http://www.takenaka.co.jp/news/pr0107/m0107_05.htm, 2001.7.27, 2014.10.28 閲覧
- 22) 長谷工コーポレーション: HASEKO DIGEST, Vol.4, p.17, 2001.5
- 23) 鹿島建設株式会社 HP: リスクに強い! 安全・安心の実現: 事前のリスク回避, http://www.kajima.co.jp/tech/healthcare/safety/risk_aversion/index.html#anc_virtual_reality, 2014.10.28 閲覧
- 24) John P. J. Pine 著, 佐藤敬他 訳: ピネルバイオサイコロジ― 脳一心と行動の神経科学, 西村書店, 2005.6
- 25) Dan J. Stein & Eric Hollander 著, 久保木富房他訳: 不安障害, 日本評論社, 2005.1
- 26) 厚生労働省: 患者調査, 2011
- 27) 日本不安障害学会 HP: http://jpsad.jp/workshop_ent.php, 2014.4.17 閲覧
- 28) American Psychiatric Association 著, 高橋三郎他訳: DSM-4-TR 精神疾患の分類と診断の手引, 医学書院, 2003.8
- 29) 融道男監訳: ICD-10 精神および行動の障害 –臨床記述と診断ガイドライン– 新訂版, 医学書院, 2005.11
- 30) 市川浩: 精神としての身体, 講談社, 1992.4
- 31) 宮田洋監修, 柿木昇治他編: 新生理心理学<2巻> 生理心理学の応用分野, 北大路書房, 1997.9
- 32) 宮田洋監修, 藤澤清他編: 新生理心理学<1巻> 生理心理学の基礎, 北大路書房, 1998.5
- 33) 小野浩史他: 仮想住環境シミュレーションシステムの開発, 日本建築学会技術報告集, 第14号, pp.171~176, 2001.12
- 34) 吉沢望他: バーチャルリアリティを用いた住環境呈示システムにおける実空間再現性の検討, 日本建築学会計画系論文集, 第550号, pp.87~93, 2001.12

-
- 35) 小野浩史他：複合現実感技術による住環境仮想体感システムの開発，日本建築学会技術報告集，第 22 号，pp.567～572,2005.12

第 4 章
「VR とストレス指標を用いた建築設計」
システムの構築

第 4 章

「VR とストレス指標を用いた建築設計」システムの構築

4.1. システムの構成

次の各装置を用いて、「VR とストレス指標を用いた建築設計」を可能にするシステムを構成する^{注1)}。

VR の装置：

本論文では、モーションキャプチャシステムと頭部装着ディスプレイ（Head Mounted Display: HMD）（以降、HMD と記す）を組み合わせた没入型 VR システム（以降、没入型 VR システムと記す）（図 4-1）を用いる。この装置により、人工現実空間（以降、VR 空間と記す）を作り出し、その中でユーザー（建築主や利用者など）が設計段階の建築物を体験することが可能になる。

ストレス指標の装置：

本論文では、皮膚電位計（図 4-1）を用いる。この装置により、ストレス指標（向性的身体情報）を取得でき、ユーザーの体験により得られた科学的な身体の情報に基づき建築をリアルタイムに評価することができるようになる。

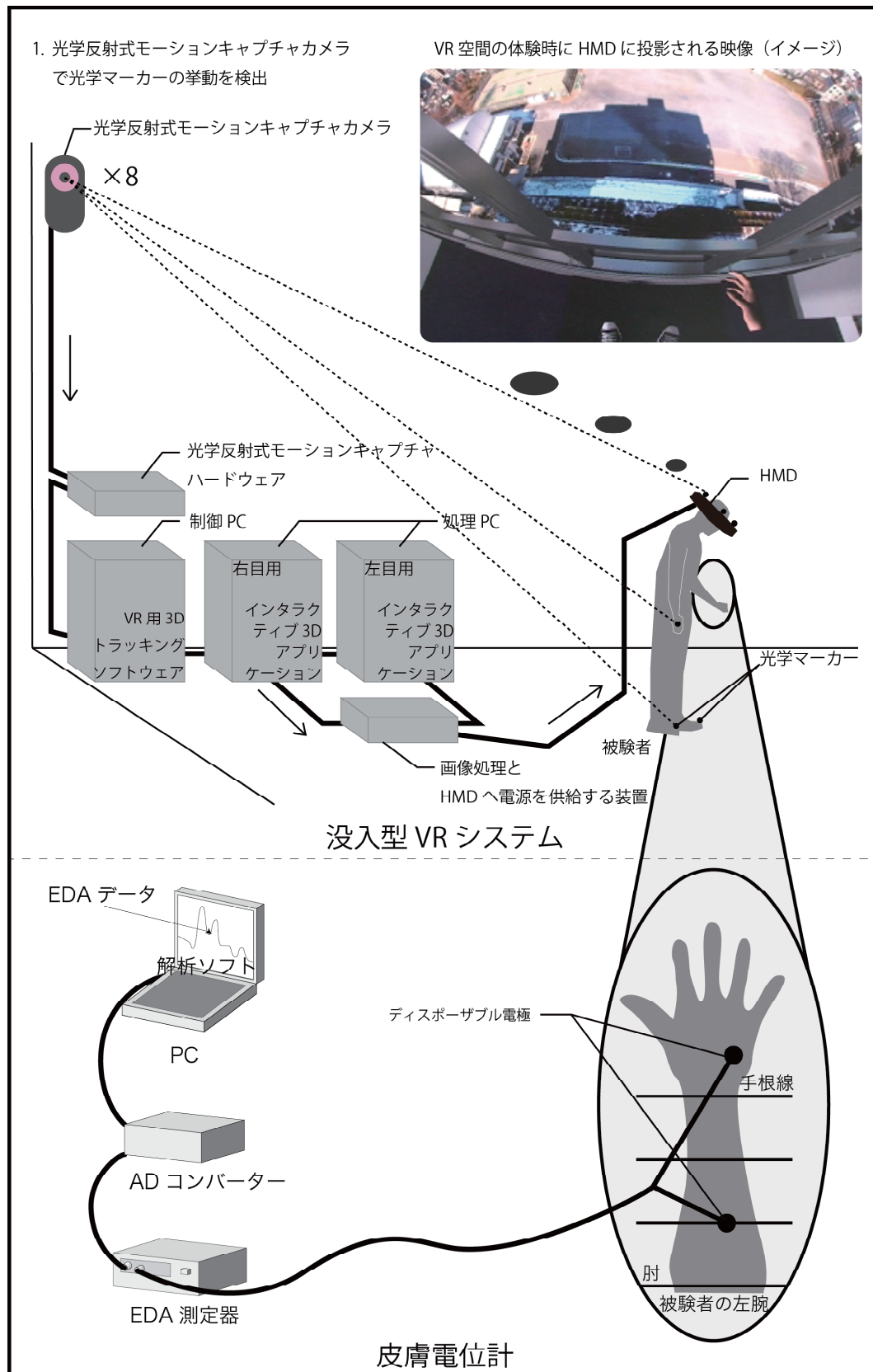


図 4-1 「VR とストレス指標を用いた建築設計」 を可能にするシステム

4.2. VR の装置

本論文において VR の装置として用いた没入型 VR システムとは、この装置を装着した体験者が実験室内で行動すると、体験者の位置や向き、姿勢に合わせた 3 次元 VR 空間が眼前に表示され、体験者が VR 空間において行動しているような感覚を得ることができる装置である。没入型 VR システムにより、歩行や見下ろしなどの体勢の変化を伴う実験をすることが可能になる。また、没入型 VR システムは、館らが人工現実感の最大の特徴としている①「3次元の空間性」、②「実時間の相互作用性」、③「自己投射性」のすべてを網羅している (p.6)¹⁾。つまり、没入型 VR システムは、「①人間にとって自然な 3 次元空間を構成しており、②人間がそのなかで、環境との実時間の相互作用をしながら自由に行動でき、③その環境と使用している人間とがシームレスになっていて環境に入り込んだ状態」(p.6)¹⁾を作り出すことができる装置である。

没入型 VR システムは、トラッキング部 (光学マーカー、光学反射式モーションキャプチャシステム) と処理部 (インタラクティブ 3D アプリケーション)、表示部 (HMD) の 3 部分に分かれた装置により構成される。

まず、トラッキング部の装置によって、体験者の位置座標を検出する。体験者の手足や頭部に取り付けた光学マーカーの挙動を光学反射式モーションキャプチャシステムによってリアルタイムに把捉する。光学反射式モーションキャプチャシステムとは、光学反射式モーションキャプチャカメラ (Vicon 社製 MX-3+ (画素数 :30 万画素)) (図 4-1,2) 8 台により光学マーカーを捕捉し、その情報を光学反射式モーションキャプチャハードウェア (Vicon 社製 MX Giganet) (図 4-1,2) を介して制御 PC (Hewlett-Packard 社製 Z800, CPU: Intel Xeon E5504 (2GHz) ×2, RAM:4GB, GPU:NVIDIA Quadro FX1800, OS:WindowsXP) (図 4-1,2) により制御するシステムである。制御 PC には、VR 用 3D トラッキングソフトウェア (Vicon 社製 Vicon Tracker) がインストールされている。

次に、処理部の装置によって、体験者の位置座標を製作したコンテンツ^{注2)}に反映させる。インタラクティブ 3D アプリケーション (Dassault



図 4-2 (左図) 光学反射式モーシオンキャプチャカメラ
(右図上一段目) 制御 PC
(右図上二段目) 光学反射式モーシオンキャプチャハードウェア
(右図上三段目) 右目用処理 PC
(右図上四段目) 左目用処理 PC



図 4-3 (左図) HMD
(右図) HMD 装着者

Systemes 社製 3DVIA Virtools) がインストールされた 2 台 (右 / 左目用) の処理 PC (Hewlett-Packard 社製 Z800 CPU: Intel Xeon E5504 (2GHz) × 2, RAM: 32GB, GPU: NVIDIA Quadro FX4800, OS: WindowsXP) (図 4-1,2) によって、光学マーカの座標と対応するコンテンツ内の座標をリアルタイムに同期させる。

最後に、表示部の装置によって、体験者の動きに追従して変化するコンテンツ映像を表示する。コンテンツに現実空間の座標が同期していることにより、体験者の視点位置や、VR 空間の物が映像として HMD (Virtual-Eye 社製 HEWDD-768、解像度 : 1280×768 (RGB) × 2 入出力 (右 / 左目用)、視野角 : 水平 140 度 / 垂直 90 度、重量 : 1.95kg (ケーブル除く)) (図 4-1,3) にリアルタイムに表示される。処理 PC から HMD へは、画像処理と HMD への電源を供給する装置 (Virtual-Eye 社製 Break out Box) (図 4-1,4) を介して接続される。



図 4-4 画像処理と HMD へ電源を供給する装置

4.3. ストレス指標の装置

本論文においてストレス指標の装置として用いた皮膚電位計とは、精神性発汗を皮膚電気活動 (EDA:Electro-Dermal Activity) (以降、EDA と記す) として電位的に計測することのできる生理計測機器である。「精神性発汗は生体が緊急時に際して対処する行動-闘うか, 逃げるか-と密接に関連した発汗」(p.210)²⁾ といわれ、生理心理学の分野ではストレスの指標として用いられてきた。したがって、この計器によって測定された EDA 反応量を指標にストレスを評価できる。皮膚電位計は、測定部と変換部、解析部の3部分に分かれた装置により構成される。

まず、測定部の装置によって、手掌の精神性発汗を電位的に把捉する。手掌と前腕に西澤電機計器製作所社製ディスプレイザブル電極を張り、EDA 測定器 (スキノス社製 SPL-01) (図 4-1,5) を装着する。これによって電位をアナログ情報として抽出できる。

次に、変換部の装置によって、アナログ情報の電位を PC で解析可能なデジタル情報に変換する。変換部の装置には、AD コンバーター (タートル工業社製 TUSB-1612ADSM-S) (図 4-1,6) を用いる。

最後に、解析部の装置によって、リアルタイムに電位を解析し数値データにする。解析部の装置には、解析ソフト (松山アドバンス社製 LaBDAQ-PRO TL for Win) がインストールされた PC (ソニー社製 VGN-P90HS CPU: Intel Atom CPU Z540 @ 1.86GHz, RAM: 2.00GB, OS: Windows Vista) (図 4-1,6) を用いた。

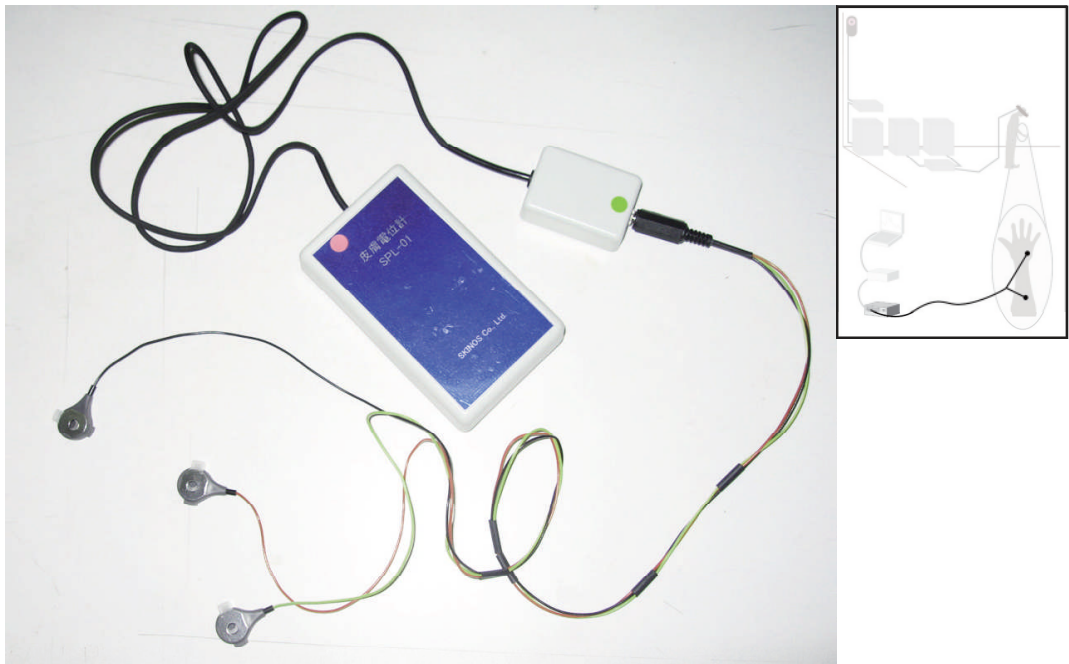


図 4-5 EDA 測定器



図 4-6 (上図) AD コンバータ

(下図) EDA の解析ソフトがインストールされている PC

4.4. システムの特徴

本論文で構成した「VR とストレス指標を用いた建築設計」システムの特徴は、主に次の5つである。

1つ目の特徴は、身体への拘束が比較的少ないため、体験者の自由な行動が可能であることである。体験者が身につける部分の装置は、重量が1.95kgのHMDとそれに付属するケーブル、スイッチボックスのみである。したがって、体験者は十分に自由な行動が可能である。

2つ目の特徴は、VR空間への没入感が大きく、実空間との差異を感じにくいことである。没入型VRシステムが高性能であるため、実際の行動と見ているVR空間の間にほとんどずれがない。したがって、体験者は実空間で行動するようにVR空間でも違和感なく行動できる。また、HMDの視野角が水平140度、垂直90度と広視野角であるため、画面を見ているような印象がほとんどなく、体験者は実空間と近似した視野の中で行動できる。

3つ目の特徴は、予めモデリングしたデザインパーツを体験中に変更できることである。本装置の運用ソフトの1つであるDassault Systemes社製3DVIA Virtools上に、デザインパーツを予め形態と配置位置を設定してインポートすることにより、デザインパーツの付加や入れ替えが可能である。

4つ目の特徴は、ストレス指標（向性的身体情報）をリアルタイムに取得でき、体験中に計測結果を確認できることである。具体的には、人体の生理的情報を取得するストレス指標の装置として皮膚電位計を採用したことにより、秒以下の時間の単位でリアルタイムに手掌の精神性発汗の値を取得でき、体験中にPCのモニターを通してその値を確認することができる。これにより、体験者から得られたストレス指標を基にした、リアルタイムな設計案の判断が可能になる。

5つ目の特徴は、繰り返し体験が可能であることである。VR空間上に原点位置を指定してあるため、VR空間をリセットすることで、容易に始点からの再体験が可能である。これにより、VR空間内で体験者が訓練を繰り返し行うことができる。

注

注 1) 本論文で用いるシステムは、図 4-1 に示すように既存の各装置を独自に統合して、本研究のための新しいシステムとして構築した。

注 2) コンテンツとは、CG モデルの中を、没入型 VR システムを使って HMD を装着した人が体験できるように設定したものを指す。

参考文献

- 1) 日本バーチャルリアリティ学会 編，舘暲他 監修：バーチャルリアリティ学，(株) 工業調査会，2010.1
- 2) 宮田洋監修，藤澤清他編：新生理心理学＜1 巻＞ 生理心理学の基礎，北大路書房，1998.5

第 5 章
「VR とストレス指標を用いた建築設計」
の精度に関する検証

第 5 章

「VR とストレス指標を用いた建築設計」の精度に関する検証

5.1. システムの精度に関する検証の目的

本章における目的は、4 章において構築された「VR とストレス指標を用いた建築設計」を可能にするシステムを用いて、実空間と VR 空間を比較する実験を行うことにより、VR 空間がストレス指標をどの程度推定できるか、その精度を検証することである。この検証により、本システムにおける「VR とストレス指標を用いた建築設計」の精度が明らかになる。つまり、本章によって、ストレス指標を基にユーザーと設計者が共通の認識に立って建築設計の「適切な」検討を図ることができるようになる。

5.2. システムの精度に関する検証の構成

次の手順により、システムの精度に関する検証を構成する。

i . 取得するストレス指標の設定 :

ユーザー（本検証では被験者）のストレス指標を向性的身体情報は EDA 反応量として、志向的身体情報はアンケート点数として設定する。

ii . 対象とするストレスの設定 :

検証に適した顕著なストレス指標を取得するために、空間起因のストレス（高所ストレス）を設定する。

iii . 実空間と VR 空間の設定 :

実空間を設定し、没入型 VR システム上に同様の空間を再現する。

iv . 行動の設定 :

実空間と VR 空間を比較するにあたり、両空間で試行可能な特定の行動を設定する。

v . 実験の試行 :

実空間と VR 空間の両空間で、i . ~ iv . における設定に則した実験を行う。

vi . 実験の結果 :

実空間と VR 空間において取得したストレス指標を整理する。

vii . 実験の分析と考察 :

実験の結果を基に実空間と VR 空間を比較分析し、VR 空間におけるストレス指標の推定精度を考察する。

5.3. システムの精度に関する検証の実行

5.3. i . 取得するストレス指標の設定

ユーザーから取得するストレス指標を設定した。

システムの精度に関する検証では、被験者をユーザーと想定し、被験者のストレス指標（向性的身体情報）をEDA反応量として取得した。EDA反応量は、「VRとストレス指標を用いた建築設計」を可能にするシステムにストレス指標（向性的身体情報）の装置として組み込まれた皮膚電位計により計測した。また、被験者のストレス指標（志向的身体情報）をアンケート点数として取得した。アンケート点数は、精度に関する検証において新たに作成し、被験者が自覚的に情動や知覚を判断し、記述された設問枝を選択できるアンケート紙により計測した。

5.3. ii . 対象とするストレスの設定

検証に適した顕著なストレス指標を取得するために、空間起因のストレスを設定し実験を行った。

システムの精度に関する検証では、空間起因のストレスとして、高所ストレスを用いた。高所環境の研究は、宗方ら¹⁾の超高層集合住宅の評価により、周辺眺望への評価と共に高層階の居住者の満足度が高いことが報告された。一方で、著者ら²⁾の高所ストレスの建築計画学的研究により、視覚的な環境調整によって高所ストレスをマネジメントする試みが行われ、その可能性が示された。本論文においては、後者に準じて高所をストレスとしてあつかった。高所は「3.2.2. 建築設計が対応可能な不安障がい」において、「特定の恐怖症」の「自然環境型」に該当する建築設計が対応可能なストレスであることを示した。また、本検証においてストレス指標（向性的身体情報）として扱ったEDAは、特定の恐怖症の場合、「特有の恐怖関連刺激にだけ過剰反応する」ことが知られていた（3.2.3. より）。高所ストレスを特定の恐怖として用いた場合、特定の恐怖症にない健常者であっても、一定の範囲でEDAが検出でき、そのデータを基に設計案を検討可能であることが分かっていた²⁾。

5.3. iii . 実空間と VR 空間の設定

実空間として実際に存在する場所に設定し、没入型 VR システム上に同様の空間を再現した。

実空間は次の場所に設定した。

場所：東京都文京区大塚 2-1-1 お茶の水女子大学 人間文化創成科学研究科・全学共用研究棟 インフォメーションルーム (608)

また具体的に、実空間は FL が GL+18.5m、階数が 6 階に位置する。実空間の窓側には、GL から 7.6m 下がる高低差がある。つまり、実空間の窓から見下ろす場合、26.1 (18.5+7.6) m の高低差を体感できる。そして、実空間の幅は 12.3m、奥行きは 8.3m である。さらに、実空間の窓際には、幅が 1.24m、奥行きが 1.59m、高さが 0.66m の台を設置した (実空間には実際に台が設置されている)。台を設置した理由は、今回の実験に使用した「実空間」の窓際には、窓の中棧や手すりがあったことにある。著者らの研究²⁾の結果で、窓際の遮蔽率とストレス指標である EDA の間には関連がみられ、視界における遮蔽率が小さいほど、ストレスが大きくなることが明らかになっている。そこで、窓の中棧や手すりによる遮蔽率を最小にするために、台を用いて被験者の視点を高くし遮蔽率を下げた。また VR 空間の方も、この条件に合わせるために、同様の見え方になるように合わせた。また、台高の上限は実空間における試行時の安全性と天井高を考慮して最終的に決定した。実空間の詳細は、図 5-1,2 に示す。図 5-1 には、部屋の主な寸法と間取りを示した鳥瞰図、図 5-2 には、部屋の高さ方向を示した断面図を掲載した。

次に、没入型 VR システム上に実空間を再現した。具体的には、次の工程で再現した。

まず、2つのステップにより、実空間を CG モデルとして作成した。1つ目のステップは、GRAPHISOFT 社製 ArchiCAD15 学生版・アカデミック版 (Mac 版) を用いて、実空間の図面を作成したことである。ArchiCAD では素材を指定せず、ワイヤーフレームのみのデータを作成した。2つ目のステッ

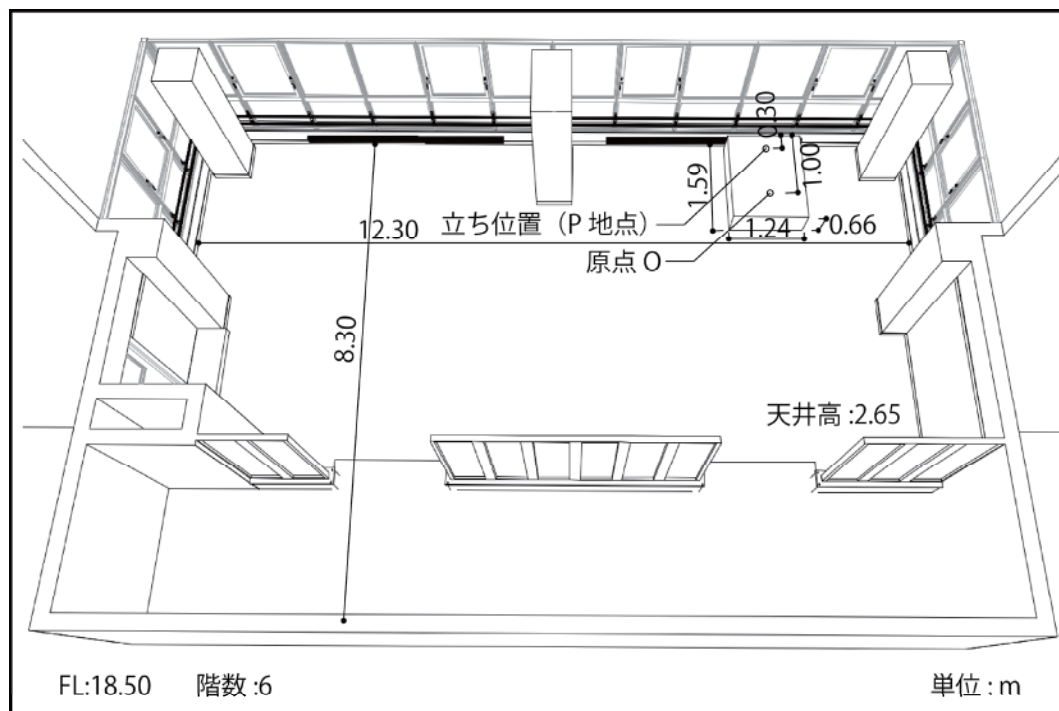


図 5-1 設定環境の鳥瞰図

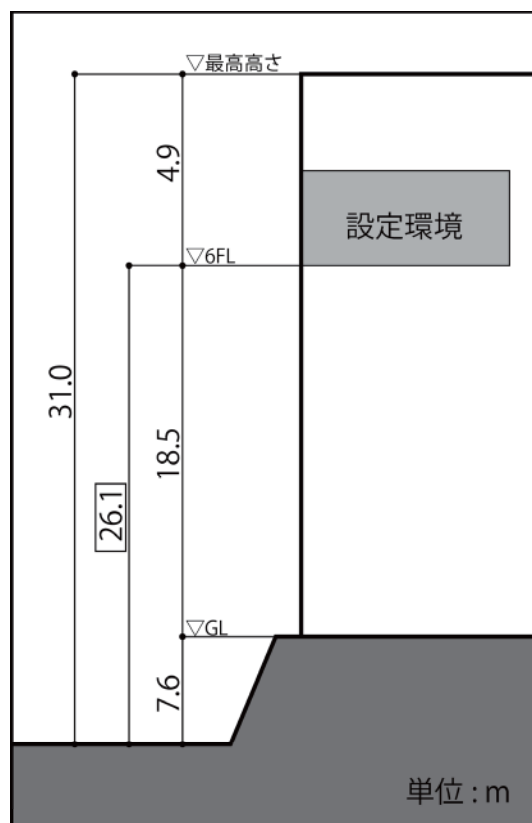


図 5-2 設定環境の断面図

ブは、Autodesk 社製 3ds Max 2011(Win 版) に ArchiCAD で作成した実空間の図面をインポートし、素材を指定したことである。素材は主に 3dsMax に内蔵された標準マテリアルにより選択した。例外として、タイルまたは石材による仕上げは、現実の同じ箇所を撮影し、写真を素材として使用した。

次に、CG モデルとして完成した実空間の 3dsMax のデータを Dassault Systemes 社製 3DVIA Virtools にインポートした。3DVIA Virtools では、実空間から見える屋外部の作成を行った。具体的に屋外部は、事前に撮影した屋外の全面画像を、屋内の原点 O(図 5-1) を中心とした一辺 50m の立方体に貼り付ける形で描画した。全面画像は、Apple 社製 iPhone4S(カメラ :800 万画素) にインストールされた Microsoft 社製 Photosynth によって作成した。また、全面画像の撮影位置は、実空間の直上に位置する屋上とした。実空間に阻まれ、屋外の全面画像を原点 O の位置から作成することが極めて困難であったからである。しかし、実空間に隣接する建物がなかったため、撮影した位置と原点 O の位置が違ふことによる屋外部の見え方の違いはほとんど感じられなかった。また、この実験環境においては、被験者の「右手」(手首より遠位)、及び、「両足の靴」(スニーカー) の CG モデルを、あらかじめ没入型 VR システム上に用意した。被験者が、手や足を動かすと、VR 空間内では自分の手や足が動いて見える。本人の全身モデルを没入型 VR システム内に制作できればよいが、被験者毎に合わせてそれを制作することは難しい。そこで、手や足などの端部の動かせる部位として再現し、没入型 VR システム上において自分の動作感覚と視覚が連携するようにした。これにより、没入感の増大が期待できる。また、音に関する没入型 VR システム上での再現は行っていない。しかし、実空間と VR 空間の試行を行った実験室は共に比較的静かな環境であったことから、両方共に音がおよぼすストレス指標への影響はなかった。以上の工程により、没入型 VR システムにより実空間が VR 空間として再現された。

以上により、比較の対象となる実空間と VR 空間が設定された。

5.3. iv . 行動の設定

具体的に実空間と VR 空間を比較するにあたり、両空間で試行可能な特定の行動を設定した。

被験者は、図 5-1 に示す立ち位置 (以降、P 地点と記す。) に立ち、次の「見下ろし行動」を行った。まず、正面を向いた状態で立ち、口に出さず 3 秒数え、気持ちを落ち着ける。(以降同様に、数を被験者に数えさせる場合は、口に出さないことを条件とする。) 次に、3 秒数えながら視線を真正面から真下に向けて見下ろす。見下ろした状態でさらに 3 秒数えた後、最後に 3 秒数えながら正面を向き直す。この「見下ろし行動」については、事前に教示し、練習を行った。実験を開始し被験者が「見下ろし行動」を始めた後は、指示を行わなかった。また、被験者が声を出すと、それを起因としてアーティファクトと呼ばれる EDA の乱れが生じる場合がある。したがって、被験者には「見下ろし行動」中の発声をしないように教示した。「見下ろし行動」は、1 被験者あたり実空間と VR 空間の両空間において 1 回ずつ試行した。

5.3. v . システムの精度に関する検証実験の試行




実空間と VR 空間の両空間で、5.3. i . ~ 5.3. iv . における設定に則した実験を行った。試行の手順は表 5-1 に示す。被験者数は、20 代男性 11 名、20 代女性 13 名の計 24 名、試行時間は 1 被験者あたり約 20 分 (10 分 × 2 試行、試行間の休憩を除く) とした^{注 1)}。また、実空間と VR 空間での試行順序は、初回の試行を実空間とした被験者を男性 5 名、女性 7 名の計 12 名、初回の試行を VR 空間とした被験者を男性 6 名、女性 6 名の計 12 名とし、順序効果が消去できる順とした。さらに、筆者らの研究⁴⁾により、実験の試行間に 20 分以上の休憩を設けることで、繰り返しの試行による馴れの現象を抑えられることが明らかになっていた。したがって、馴れを抑制する目的で、各試行後に 20 分以上の休憩をとらせた。

また、実験後に次のようなアンケートを行った^{注 2)}。

- 質問 1. 現実の実験空間と VR 上の実験空間では、どちらの方が「高さ」を感じましたか？
- 質問 2. 現実の実験空間と VR 上の実験空間では、どちらの方が「恐怖」を感じましたか？
- 質問 3. すべての実験を通してのご意見、ご感想をお寄せください。

質問 1,2 の回答形式は、「現実の実験空間の方が〇〇を感じた」、「現実の実験空間の方がどちらかといえば〇〇を感じた」、「どちらともいえない」、「VR 上の実験空間の方がどちらかといえば〇〇を感じた」、「VR 上の実験空間の方が〇〇を感じた」の 5 段階評価とした (〇〇には質問の鍵括弧内の語句が入る)。また、質問 3 は任意の自由記述とした。さらに、質問 1,2 における 5 段階評価に対応して点数を割り振った。点数にはアンケートの回答形式に対応し、「現実の実験空間の方が〇〇を感じた」に 1 点、「現実の実験空間の方がどちらかといえば〇〇を感じた」に 2 点、「どちらともいえない」に 3 点、「VR 上の実験空間の方がどちらかといえば〇〇を感じた」に 4 点、「VR 上の実験空間の方が〇〇を感じた」に 5 点が割り当てられた。

表 5-1 試行の手順

実験方法	
実空間の試行	VR空間の試行
	
1	「見下ろし行動」についての教示
2	「見下ろし行動」の練習
3	被験者は、左手に皮膚電位計を装着する。
4	実際の窓際を背にして立ち、視線は真正面に向ける。
5	VR空間と同様の条件にするため、右欄と同一の動作をしてもらう。
6	5の後、被験者は後ろを振り返り、1～3歩前進し、P地点に移動する。
7	被験者は、P地点で「見下ろし行動」を行なう。
8	アンケート
全試行時間：約10分	全試行時間：約10分
得られた結果	
「実空間」のEDA反応量	「VR空間」のEDA反応量
アンケート結果 「実空間」と「VR空間」の心理的な違い	
比較分析	
	
<p>実空間とVR空間での「見下ろし行動」に起因する生理反応を比較する実験を行うことにより、没入型VRシステムの生理学的ストレスに注目した空間評価の精度を明らかにする。</p>	

5.3. vi . システムの精度に関する検証実験の結果

実空間と VR 空間において取得したストレス指標を整理した。取得したストレス指標は、全被験者の「実空間」と「VR 空間」の EDA 反応量（向性的身体情報）、及び、アンケート点数（志向的身体情報）である。

EDA 反応量は、次の読み取りにより EDA を特定し、値を取得する。本実験により計測されたストレス指標（向性的身体情報）は、被験者のストレスに対応して発現する EDA 反応量が時系列の波形データになったものである。EDA の波形の時間と、被験者が行った「見下ろし行動」の時間とを対応させることによって、高所を起因としたストレス反応による EDA の発現箇所を捉えることができる。しかし、EDA の発現は、刺激のあった時間の 1 ～ 2 秒後に現れること（潜時とよばれる）³⁾ が知られており、この潜時には個人差があることから、1 ～ 2 秒の間でずれがある。そこで波形データの中から、高所を起因としたストレス反応に対応する EDA をより厳密に特定するために、以下の 2 条件を設定した。第 1 の条件は、EDA の形状である。EDA には主に、陰性波、陽性波、陰陽二相性波とよばれる、3 種類の波形がみられることが知られている³⁾。典型的な波形である陰陽二相性波、または、陰陽二相性波の開始時における陰性波が発現しなかった場合として推察される陽性波の 2 つを、対象とする EDA の形状とした（図 5-3）。第 2 の条件は、EDA の発現位置である。対象とする EDA は、「見下ろし行動」中にあり、厳密には被験者が設定環境の窓際において頭を下げ始めて 1 秒（潜時）後から頭を上げ始める直前までの間に位置する。また、例外的に以上の 2 条件に該当する EDA が複数存在する場合、時系列上最初に該当する EDA を、指標に用いる EDA として特定する。

表 5-2 は、以上の読み取りにより特定した EDA 反応量（実空間での試行時、VR 空間での試行時）、及び、アンケート点数（質問 1:「高所感」、質問 2:「恐怖感」）を被験者毎に示した。EDA 反応量は、陽性波の場合、極性を無視した波の振幅となり、陰陽二相性波の場合、陰性波成分と陽性波成分の振幅の絶対和となる³⁾（図 5-3）。単位は、ミリボルト (millivolt: mV) である。また、特定した EDA が観測されなかった場合、「0」と示した。さらに、特定した

EDAは観測されたが、「見下ろし行動」時に発生する刺激とは関係なく散発する、自発的なEDA³⁾と一連の波形であるとみなせた場合、「-」と示し欠損値とした。

アンケート点数は、アンケートの質問1,2の回答に割り当てた点数を示した。

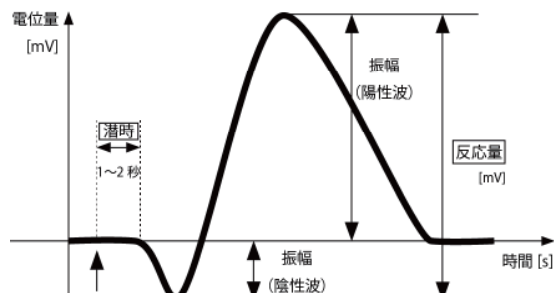


図 5-3 EDA の測度（陰陽二相性波）

表 5-2 EDA 反応量とアンケート点数

男性				
NO.	現実のEDA反応量	VRのEDA反応量	質問1	質問2
1	0.090	0.017	4	4
2	0.000	0.000	5	4
3	0.632	0.947	4	4
4	0.000	0.457	3	2
5	0.000	0.969	4	4
6	0.581	0.894	4	4
7	0.461	0.000	4	3
8	0.664	0.793	5	3
9	0.520	0.835	5	5
10	0.325	0.322	2	4
11	0.000	0.000	5	4
女性				
NO.	現実のEDA反応量	VRのEDA反応量	質問1	質問2
12	0.371	1.379	1	2
13	0.000	0.000	3	2
14	0.000	0.820	2	4
15	0.798	0.146	4	2
16	0.193	1.230	2	1
17	0.684	1.443	5	4
18	0.132	0.669	5	5
19	0.000	0.000	5	5
20	0.330	0.967	4	5
21	-	-	4	2
22	0.317	0.129	4	4
23	0.186	1.506	4	5
24	0.081	0.413	4	4

値:反応量[×10³mV], 質問枝[点]

(網掛けは、特異データとして分析から除外、もしくは、対象外とした。)

5.3. vii . システムの精度に関する検証実験の分析と考察

実験の結果を基に実空間と VR 空間を比較分析し、VR 空間におけるストレス指標の推定精度を考察した。

まず、実験時に観察した被験者の様子やアンケートの質問 3 で回答があった自由記述から、被験者毎に EDA 反応量の値を検討した。NO.21 は、実空間及び VR 空間の両方の EDA 反応量が「欠損値」であったことから、特定した EDA が正常に観測できなかつた場合であると判断し、これを除外した。実空間もしくは VR 空間の EDA 反応量が「0」の場合、それに該当する被験者にとって設定環境がストレスを与える環境としては不十分であったことが推察される。したがって、この場合は、ストレスが発現の閾値を超えず、正確な観測ができなかつたと判断し、これを除外した。また、EDA 反応量が「0」を示した男性は 11 名中 5 名であったが、女性は 13 名中 3 名であった。つまり、男性は女性に比べて、ストレスを発現させる閾値が高い傾向にあることが示唆された。最後に、上記で除外した被験者を除く 15 人の被験者で、No.15 の被験者が大きく EDA 反応量の傾向を異にしていた。具体的には、VR 空間の EDA 反応量が実空間の EDA 反応量の 5 倍より大きかった。また、No.15 の自由記述において、「以前、VR を何回か体験したことがあるので、慣れが影響しているのかもしれませんが…。でも、リアルで感動しました！！」と記載があった。以上から、高所ストレスに対する馴れとは別に、VR 体験に対する馴れが何らかの影響を与えている可能性はあるが、この実験からは定かにはならない（以降の 6 章で検討した馴れの影響は、前者の高所ストレスに対する馴れである。）。今後、被験者数を増大させるなどしてさらに検討を加えることで、本実験で得た多くのデータとは別の群として位置づけられるデータである可能性がある。本研究では、上記した除外データとは別に、No.15 を本実験の対象外のデータとして扱う。

次に、実空間と VR 空間の EDA 反応量の比較分析を 3 段階に分けて行った。

第 1 段階は、散布図の作成である（図 5-4）。散布図の「目的変数 y（縦軸）」には実空間の EDA 反応量、「説明変数 x（横軸）」には VR 空間の EDA 反応量を取った。作成した散布図を確認すると、属性の異なる 2 種類のデータ

が見て取れた。そこで、分析を進めると、男女別にデータの傾向が異なることが分かった。猪下ら⁵⁾による大学生の心理傾向と皮膚電気活動の報告においても、男女間のEDA反応量に差があることを前提に研究が進められていた。

第2段階は、被験者毎に実空間とVR空間のEDA反応量の比率（ y/x : 以降、傾き m と記す）の算出である。その際、性別毎に他と比べて外れているような値が見つかったので、Smirnov-Grubbs 検定^{注3)}を行った。その結果、有意水準1%でNO.1とNO.22の傾きが「外れ値」として認定された。図5-4には、被験者毎（外れ値を除く）の傾きを全体、男性、女性の属性ごとに平均化し、それら平均を傾きとした直線（ $y=mx$ ）を記した。直線の数式は、次の3つの式である。

全体 : $y=0.46x$, 男性 : $y=0.76x$, 女性 : $y=0.25x$

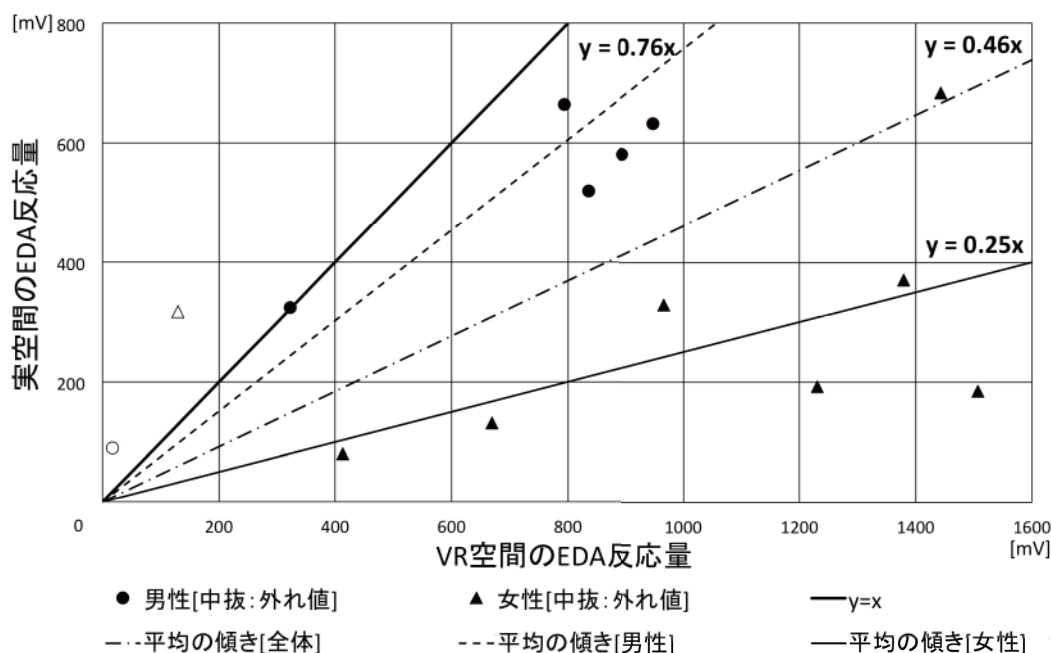


図 5-4 EDA 反応量の散布図と傾き m の平均

第3段階は、傾き m の分布図の作成である（図 5-5）。分布図には、全体、男性、女性の属性ごとに「平均」と「母平均の信頼区間（95%）」、「標準偏差」を示した。また、傾き m について男女で平均値に有意な差が認められるか否かを求めた。まず、F 検定を行い、男性の傾きと女性の傾きの分散に違いがあるか否かを検定した。F 検定の結果、有意水準 5% で男女間の分散は同等であることが明らかになった。次に、t 検定を行い、等分散を仮定した男女間の傾きの平均に、有意な差が認められるか否かを検定した。t 検定の結果、有意水準 1% で男女間の傾きの平均に有意な差が認められた。

以上の3段階にわたる実空間と VR 空間の EDA 反応量の比較分析を考察すると、以下の2点が明らかになった。

第1に、実空間に対して VR 空間では、過大な EDA 反応量が取得されることが明らかになった。全ての属性において、傾き m の「平均」や「母平均の信頼区間（95%）」、「標準偏差」が 1 を超えなかった。つまり、どの属性においても、実空間に対して VR 空間が、過大な EDA 反応量が取得させる空間であることを示している。また、傾きの平均が、性別を考慮しない場合 0.46、男性の場合 0.76、女性の場合 0.25 であった。つまり、高所ストレスを対象とした時、VR 空間上で取得した EDA 反応量の値を、性別を考慮しない場合には 46%、男性の場合には 76%、女性の場合には 25% に補正して実空間に適応する必要がある。

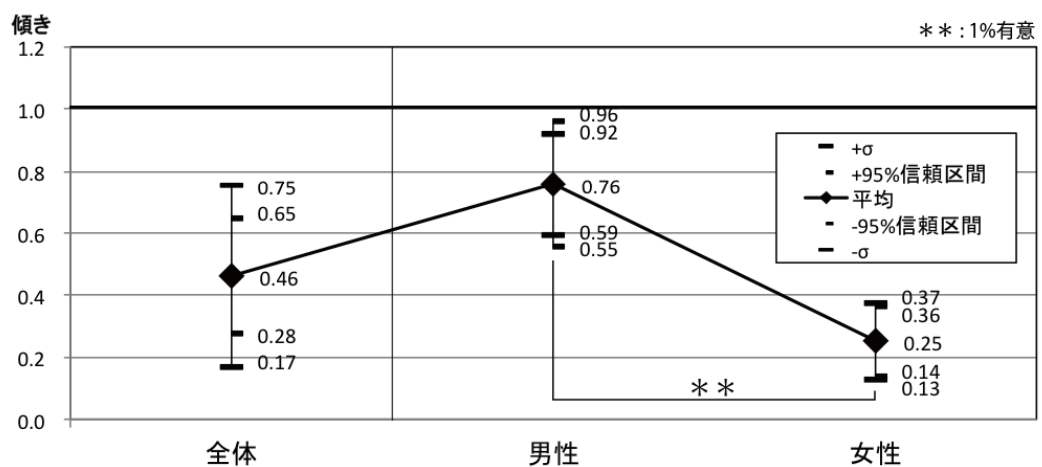


図 5-5 EDA 反応量の傾き ($m=y/x=$ 実空間 / VR 空間) の分布図

第2に、女性は男性に比べて、VR空間上でのEDA反応量をより小さな値に補正して実空間に適応する必要があることが明らかになった。高所ストレスを対象とした時、男女間の傾きの平均には、0.5程度の比較的大きな開きが見られた。また、F検定より男女間の分散は同等であり、t検定より男女間の傾きの平均に有意な差が認められていた。つまり、VR空間上で男女の被験者が共に同等のEDA反応量を発現した場合、女性の実空間におけるEDA反応量は、男性の実空間におけるEDA反応量からVR空間上でのEDA反応量の50%程度を減じた値として評価できる。

次に、実空間とVR空間のアンケート点数の比較分析を行った。

具体的には、質問1,2の分布図を作成した(図5-6)。分布図には、全体、男性、女性の属性ごとに「平均」と「母平均の信頼区間(95%)」、「標準偏差」を示した。この分析を考察すると次のことが明らかになった。

VR空間の「高さ感」(質問1)や「恐怖感」(質問2)が、実空間よりより強く発現していたことが明らかになった。アンケート点数が「4点」、「5点」

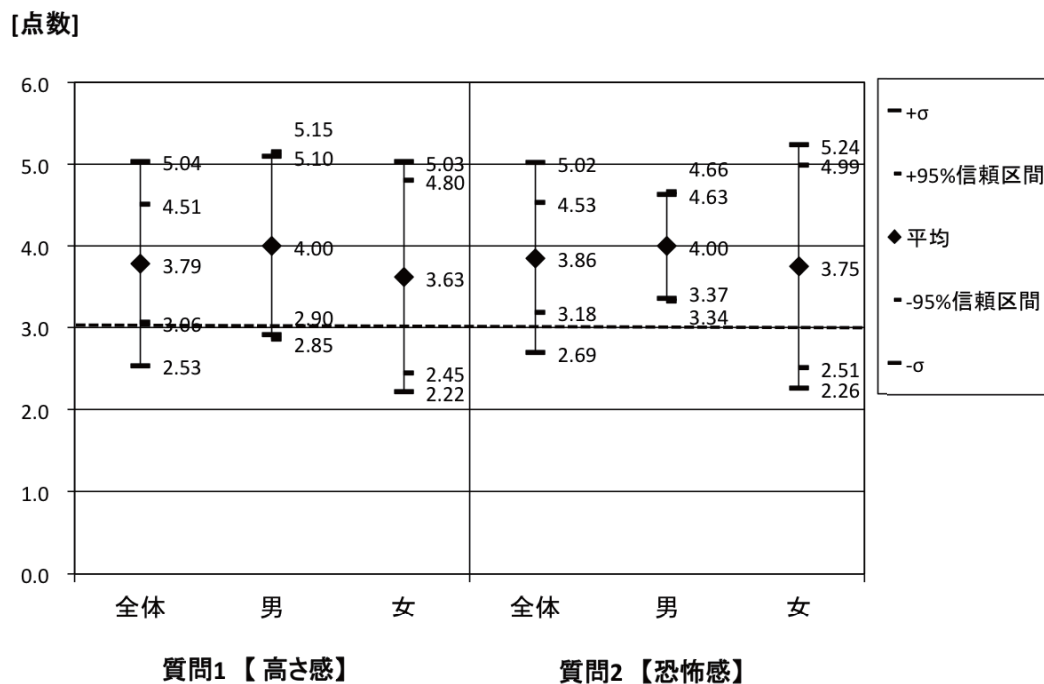


図5-6 実空間とVR空間におけるアンケート点数の分布図

であれば、実空間より VR 空間の方が「高さ感」や「恐怖感」を感じたということを示し、「1点」、「2点」であれば、VR 空間より実空間のほうが「高さ感」や「恐怖感」を感じたということを示す。「全体」を見ると、「高さ感」と「恐怖感」ともに「-95% 信頼区間」が3点を超えた。この結果は、母集団が実空間に比べ VR 空間の方に高さや恐怖を感じやすい傾向にあることを示している。また、全体、男性、女性の属性ごとの「平均」は、「高さ感」が3.79、4.00、3.63であり、「恐怖感」が3.86、4.00、3.75であった。つまり、属性によるアンケート点数の大きな差は認められず、男性女性に関係なく実空間に比べ VR 空間の方に高さや恐怖を感じやすい傾向にあることを示している。したがって、高所ストレスを対象とした場合、EDA 反応量同様に、VR 空間上で取得したアンケート点数を小さな値に補正して実空間に適応させる必要がある。

最後に、実空間に対して VR 空間では、EDA 反応量とアンケート点数が共に過大に取得される理由について考察する。

アンケートの質問3より、VR 空間の試行時に使用した HMD の重量 (1.95kg (ケーブル除く)) が「身体の安定感」を喪失させ、VR 空間において EDA 反応量とアンケート点数を過大に取得させた可能性が示された^{注4)}。任意の自由記述において、「(VR の試行時) 頭が重くなってバランスが悪くなった気がした。」(NO.23) という記述があった^{注5)}。著者らの研究⁴⁾においても、身体安定感のないデザインが生理学的な高所ストレスを増大させることを報告していた。

また、HMD の重量による「身体の安定感」の喪失が理由であることにより、女性が男性に比べて、VR 空間上での EDA 反応量をより小さな値に補正する必要がある理由も推察できた。つまり、男女間の筋力差から、女性は男性に比べて試行時 (特に見下ろし行動時) に体勢を崩しやすい傾向にあった可能性があり、「身体の安定感」の顕著な喪失が、女性の VR 空間上における EDA 反応量を実空間との割合として大きくしたと推察できる。被験者 NO.23 が女性であったことは、このことを裏付けている。

5.4. システムの精度に関する検証のまとめ

本章における検証は、「VRとストレス指標を用いた建築設計」を可能にするシステムを用いて、実空間とVR空間を比較する実験を行うことにより、VR空間がストレス指標をどの程度推定できるか、その精度を検証することを目的としていた。その結果、実空間に対してVR空間では、過大なストレス指標が取得されることが明らかになった。高所ストレスを対象とした場合、VR空間上で取得したストレス指標を小さな値に補正して実空間に適応させる必要がある。

EDA反応量（向性的身体情報）は、VR空間上で取得したEDA反応量の値を、性別を考慮しない場合には46%、男性の場合には76%、女性の場合には25%に補正して実空間に適応させる必要がある。また、女性は男性に比べて、VR空間上でのEDA反応量をより小さな値に補正して実空間に適応させる必要がある。VR空間上で男女の被験者が共に同等のEDA反応量を発現した場合、女性の実空間におけるEDA反応量は、男性の実空間におけるEDA反応量からVR空間上でのEDA反応量の50%程度を減じた値として評価できる。

アンケート点数（志向的身体情報）は、VR空間上で取得したアンケート点数の値（「高さ感」、「恐怖感」）を、男性女性に関係なく小さな値に補正して実空間に適応させる必要がある。

また、実空間に対してVR空間がストレス指標を過大に取得させる理由には、身体の安定感の喪失が推察された。そして、女性が男性に比べて、VR空間上でのEDA反応量をより小さな値に補正する必要がある理由は、男女間の筋力差による身体の安定感の違いに起因する可能性があることが推察された。

以上により、本システムにおける「VRとストレス指標を用いた建築設計」のシステムの精度を検証することができた^{注6)}。

注

注 1) 本論文では、無刺激時に EDR（皮膚電気反応）が散発的な出現にとどまり、かつ、刺激呈示時に刺激に対応した EDR の一過性的変化が現れる被験者を、EDA に関する状態像が比較的安定している被験者として選定した。性別や年齢などの被験者属性は、個人差として扱った³⁾。

注 2) 実際に実験に用いたアンケート用紙は、下記の書式である。また、実際の紙面の大きさは A4 サイズである。

要因	被験者番号			
実験順序				
全ての実験が終了しました。				
最後に、【全ての実験を通して】答えて頂くアンケートを行います。				
次の質問に対して最も近いと思う解答に○を付けてください。				
I. 現実の実験空間とVR上の実験空間とは、どちらの方が「高い」と感じましたか？				
① 現実の実験空間の方が 高いと感じた	② 現実の実験空間の方が どちらかといえば高いと感じた	③ どちらともいえない	④ VR上の実験空間の方が どちらかといえば高いと感じた	⑤ VR上の実験空間の方が 高いと感じた
II. 現実の実験空間とVR上の実験空間とは、どちらの方が「恐怖」を感じましたか？				
① 現実の実験空間の方が 恐怖を感じた	② 現実の実験空間の方が どちらかといえば恐怖を感じた	③ どちらともいえない	④ VR上の実験空間の方が どちらかといえば恐怖を感じた	⑤ VR上の実験空間の方が 恐怖を感じた
III. すべての実験を通してのご意見、ご感想をお寄せください。				
<div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>				
これで、すべての実験とアンケートが終了です。誠に協力いただきありがとうございました。				

- 注3) 本検証が行った Smirnov-Grubbs 検定は、t 分布を仮定した外れ値の検定である。
- 注4) 「身体の安定感」を喪失させる要因として、HMD の重量の他にも、HMD の視野の拘束感や焦点距離の影響が考えられる。しかし、本論文で用いた HMD は、視野角が水平 140 度、垂直 90 度と高視野角であり、視野の拘束感は比較的小さかった。また、HMD に付随するレンズを被験者毎に調整することで、遠近感に過度な強調が生じないような工夫をしていた。したがって、視野の拘束感や焦点距離が「身体の安定感」に与える影響は小さかったと推察される。また、顕著な VR 酔いの申告は、本検証の実験ではなかった。
- 注5) アンケートの質問3から、VR 空間において高所ストレスが過大に発現した理由として特記できる記述は、HMD の重量に関するもののみであった。
- 注6) 本検証の結論は、あくまで没入型 VR システムを用いて作られた VR 空間上において、見下ろし行動時に発現する高所ストレスを対象とした場合の結果に由来するものである。したがって、他のシステムを用いて実験を行う場合や、高所ストレス以外のストレスを扱う場合には、本検証の結論を参考に同様な手法で検証する必要がある。

参考文献

- 1) 宗方淳他：居住者と近隣の住民による超高層集合住宅の評価，日本建築学会計画系論文集，第 512 号，pp.67～72, 1998.10
- 2) 長澤夏子他：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—，日本建築学会計画系論文集，第 662 号，pp.741～746, 2011.4
- 3) 宮田洋監修，藤澤清，柿本昇治，山崎勝男編：新生理心理学 < 1 巻 > 生理心理学の基礎，北大路書房，1998.5
- 4) 馬淵大宇他：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—，日本建築学会計画系論文集，第 676 号，pp.1319～1324, 2012.6
- 5) 猪下光他：大学生の心理傾向と皮膚電気反射（Galvanic Skin Response）—State Anxiety Inventory (STAI)・Self-rating Depression (SDS) との関係—，岡山大学医療技術短期大学部紀要，4, pp.99～103, 1993

第 6 章
建築設計プロセスへのシステム利用

第 6 章

建築設計プロセスへのシステムの利用

6.1. システムの利用のための検証の目的

本章における目的は、4章で構築し、5章で精度の検証をした「VRとストレス指標を用いた建築設計」のシステムが、建築計画学で用いられる基準を設定することができ、かつ、その基準を基にストレス指標を位置づけることで、設計案を評価できるものであることを検証することである。つまり、ストレス指標の特性から基準値を設定し、その基準値と比較してユーザー（不安障がい者など）のストレス指標を位置づけ、また、本システムを用いて具体的な空間を設定して実験し、設計案についてストレス指標を基にした統計学的な判断ができるか検証する。

6.2. システムの利用のための検証の構成

次の手順により、システムの利用のための検証を構成する。

i . 取得するストレス指標の設定 :

ユーザー（本検証では被験者）のストレス指標を向性的身体情報は EDA 反応量として、志向的身体情報はアンケート点数として設定する。

ii . 対象とするストレスの設定 :

検証に適した顕著なストレス指標を取得するために、空間起因のストレス（高所ストレス）を設定する。

iii . 基準となる VR 空間の設定 :

検証に適した VR 空間を、没入型 VR システム上に設定する。

iv . 変更する設計案の設定 :

変更する設計案として身体の安定性が異なると仮定した 3 つの設計案を設定する。

v . 行動の設定 :

VR 空間で試行する特定の行動を設定する。

vi . システムの利用のための検証実験の試行 :

VR 空間において、i . ~ v . における設定に則した実験を行う。

vii . システムの利用のための検証実験の結果 :

VR 空間において取得したストレス指標を整理する。

viii . システムの利用のための検証実験の分析と考察 :

実験の結果を基に、設定した 3 つの設計案を比較分析し、ストレス指標が各設計案を位置づけられること考察する。

6.3. システムの利用のための検証の実行

6.3. i . 取得するストレス指標の設定

ユーザーから取得するストレス指標を設定した。

システムの利用のための検証では、システムの精度に関する検証同様に、被験者をユーザーとして想定し、被験者の向性的身体情報を EDA 反応量として取得した。EDA 反応量は、「VR とストレス指標を用いた建築設計」のシステムにストレス指標の装置として組み込まれた皮膚電位計により計測した。また、被験者の志向的身体情報をアンケート点数として取得した。アンケート点数は、システムの利用のための検証において新たに作成し、被験者が自覚的に情動や知覚を判断し、記述された設問枝を選択できるアンケート紙により計測した。

6.3. ii . 対象とするストレスの設定

検証に適した顕著なストレス指標を取得するために、空間起因のストレスを設定し実験を行った。

システムの利用のための検証では、システムの精度に関する検証（5.3. ii）と同様な理由により、空間起因のストレスとして、高所ストレスを用いた。

6.3. iii . 基準となる VR 空間の設定

システムの利用のための検証では、設計案の変更を行うための窓際を有した基準となる VR 空間を設定した（以降、「基準空間」と示す）（図 6-1,2）。高所ストレスを対象としたため、法令で超高層建築として扱われる 60m 以上の高さに基準空間を設定した。具体的には、基準空間の FL は 70m、階数は 18 階とした。用途は、オフィス^{注1)}とし、幅員は 2m、天井高は 2.7m を設定した^{注2)}。

具体的な VR 空間の設定方法は、5.3. iii . で示した方法と基本的に同様である。1 つ異なる点としては、基準空間の外部環境がある。5.3. iii . が屋外の画像を用いて外部環境を作成したのに対し、ここではゲームなどで用いられる esri 社製 City Engine を使用して仮想都市を作成し、外部環境とした。

以上により、基準空間となる VR 空間が設定された。

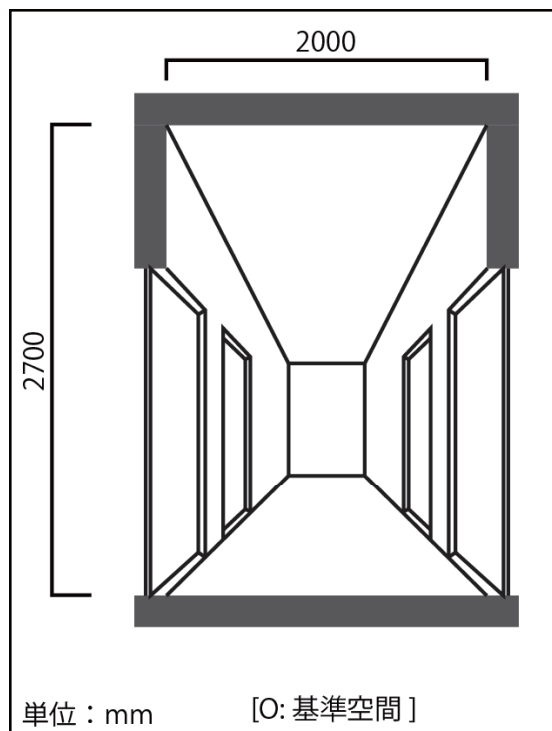


図 6-1 基準空間の寸法



図 6-2 基準空間の VR 映像

6.3. iv . 変更する設計案の設定

システムの利用のための検証では、変更する設計案として3つの設計案を設定した。高所ストレス下のストレス指標を取得することから、その状況に影響を及ぼすと推察される要因として身体の安定に関わることを条件に設計案を決定した。具体的には、建築に関係する事故を分類した「日常災害の種類」²⁾に基づいて決定した。日常災害は、体勢の変化を伴って起きる場合が多く、また、恐怖の情動が想起される場合が多い。したがって、日常災害に対応した設計案は、身体の安定に関わる設計案として期待できる。

高所からの見下ろし行動を前提とした時、注意すべき日常災害は「落下型」に分類された「墜落」と「転落」であり、これらに対応する設計案は、「手すり・窓・窓手すり」と「床仕上げ・床の段差」である。したがって、設定した設計案は、「横手すり」と「縦手すり」、「不安定な台」をそれぞれ基準空間の窓際に取り付けた設計案とした（以降、それらの設計案のことを「横手すり」（図 6-3,4）^{注3)}、「縦手すり」（図 6-5,6）^{注4)}、「不安定な台」（図 6-7,8）^{注5)}と示す）。具体的な寸法は設計案毎に図 6-3,5,7 に示し、実験空間で使用した機材は次に示す。

横手すり：金属パイプ

縦手すり：ステンレスラックのポール部分

不安定な台：発砲ウレタンフォーム

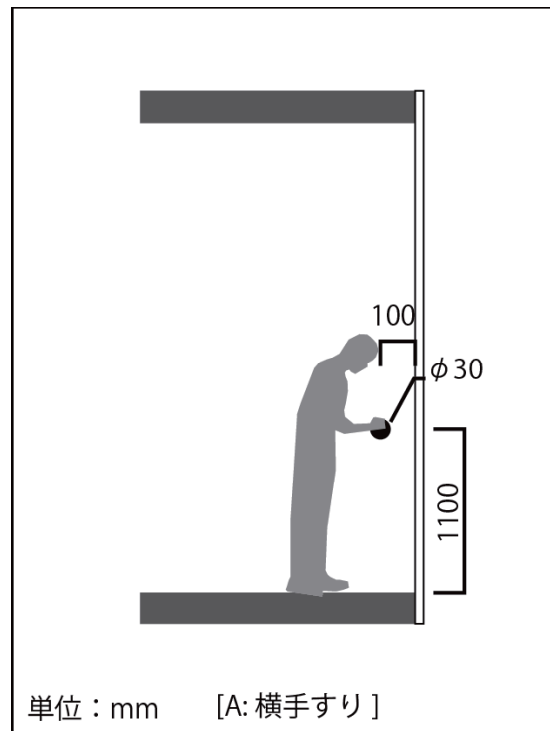


図 6-3 横手すりの寸法



図 6-4 横手すりの EDA 観測時における VR 映像（左）と実験風景（右）

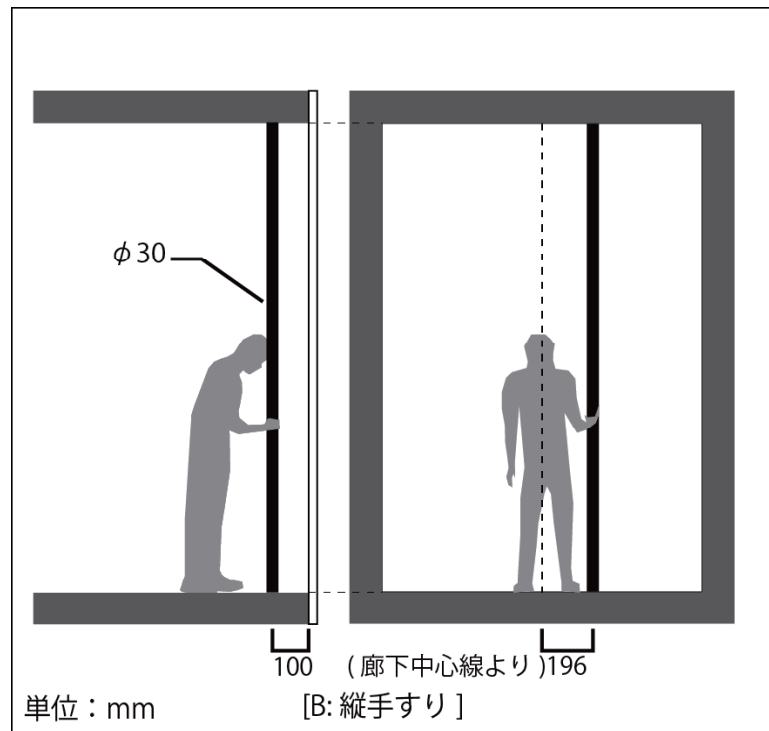


図 6-5 縦手すりの寸法

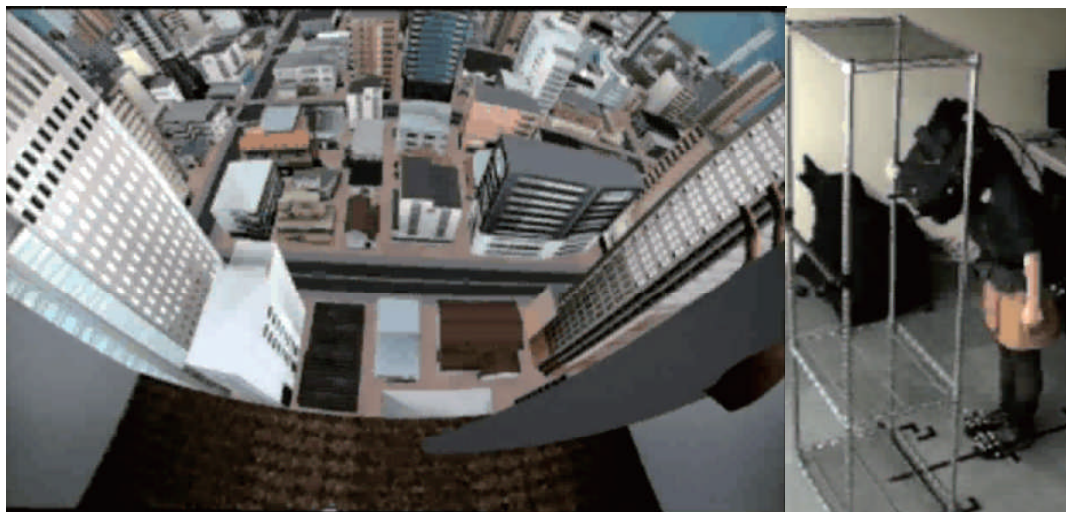


図 6-6 縦手すりの EDA 観測時における VR 映像 (左) と実験風景 (右)

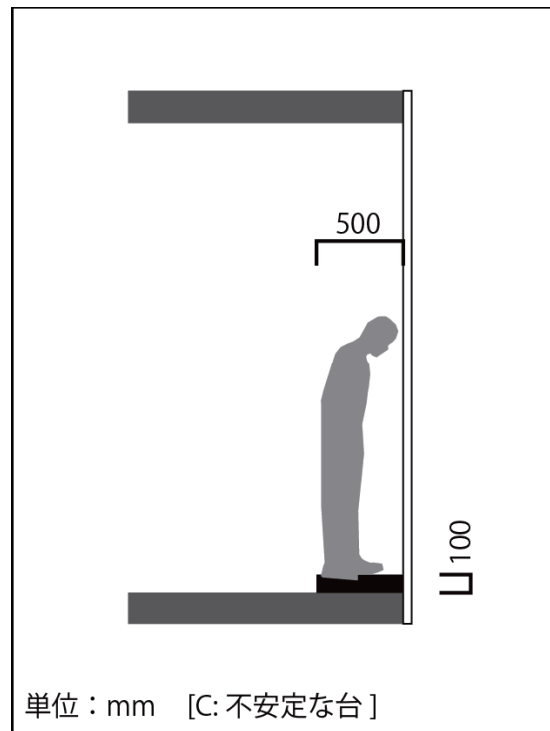


図 6-7 不安定な台の寸法



図 6-8 不安定な台の EDA 観測時における VR 映像（左）と実験風景（右）

6.3. v . 行動の設定

具体的に VR 空間で試行する特定の行動を設定した。

被験者は、システムの精度に関する検証（5.3. iv）と同様な「見下ろし行動」を行った。「見下ろし行動」は、試行ごとに行われ、1人の被験者あたり4回試行した。「横手すり」、「縦手すり」の試行時は、被験者の左手に皮膚電位計の電極を貼り付け、右手で手すりを把持し「見下ろし行動」をした。また、「不安定な台」の試行時は、その台の上で「見下ろし行動」をした。

6.3. vi . システムの利用のための検証実験の試行

VR 空間において、6.3. i . ～ v . における設定に則した実験を行った。

システムの利用のための検証では、1 被験者当たり 4 回の試行を行った。4 回の試行は、基準空間のみと横手すり、縦手すり、不安定な台の 4 種類の窓際に対して行われた。また、試行の順序は、最初を基準空間とした。また、2 番目以降は、残りの 3 種類から全 6 通りの順を作り、無作為に順を抽出した。合計 10 名の被験者属性と試行時間は次の通りである^{注 6)}。

被験者 : 20 代男 1 名、女 6 名 / 50 代男 2 名 / 60 代男 1 名

試行時間 : 1 被験者当たり 80 分 (20 分 × 4 回)

各試行後は、没入型 VR システムの装置を被験者の体から取り外し、控え室にて 20 分以上の休憩をとらせた。この休憩は、高所に対する馴れの影響が設計案とストレスの関係を不明瞭にすることを防ぐことが目的である。また、毎試行後の休憩時間を利用して、各試行に対するアンケートを行った。具体的な質問内容は、以下の 3 つである^{注 7)}。【○○】には、試行の内容に応じて、横手すり、縦手すり、不安定な台のいずれかが入る。

質問 1. 【○○】に「安心感がある」と感じましたか。

質問 2. 【○○】に「頼りがいがある」と感じましたか。

質問 3. 【○○】が「自分の体を支えてくれる」と感じましたか。

回答形式は、「非常によく感じた」、「感じた」、「どちらともいえない」、「感じなかった」、「まったく感じなかった」の 5 段階評価である。

6.3. vii . システムの利用のための検証実験の結果

VR空間において取得したストレス指標を整理した。取得したストレス指標は、全被験者のVR空間におけるEDA反応量（向性的身体情報）（表6-1）、及び、アンケート点数（志向的身体情報）である（表6-2）。

まず、EDA反応量は、次の読み取りによりEDAを特定し、値を取得した。本実験により計測された向性的身体情報は、被験者のストレスに対応して発現するEDA反応量が時系列の波形データになったものである。EDAの波形の時間と、被験者が行った「見下ろし行動」の時間とを対応させることによって、高所を起因としたストレス反応によるEDAの発現箇所を捉えることができる。しかし、EDAの発現は、刺激のあった時間の1～2秒後に現れること（潜時とよばれる）³⁾が知られており、この潜時には個人差があることから、1～2秒の間でずれがある。そこで波形データの中から、高所を起因としたストレス反応に対応するEDAをより厳密に特定するために、以下の2条件を設定した。第1の条件は、EDAの形状である。EDAには主に、陰性波、陽性波、陰陽二相性波とよばれる、3種類の波形がみられることが

表 6-1 EDAの反応量と反応比

被験者	O:基準空間 反応量	A:横手すり 反応量	B:縦手すり 反応量	C:不安定な台 反応量	(A/O) 反応比	(B/O) 反応比	(C/O) 反応比
a	0.256	0.070	0.000	0.010	0.273	0.000	0.0391
b	0.065	0.053	0.009	0.132	0.815	0.138	2.03
c	0.131	0.005	0.034	0.000	0.0382	0.260	0.000
d	0.532	0.047	0.437	1.248	0.0883	0.821	2.35
e	0.227	0.010	-	0.038	0.0441	-	0.167
f	0.382	0.664	0.000	1.443	1.74	0.000	3.78
g	0.604	0.076	0.083	0.573	0.126	0.137	0.949
h	0.262	0.046	0.153	0.376	0.176	0.584	1.44
i	0.127	0.288	0.003	0.549	2.27	0.0236	4.32
j	0.363	0.437	0.327	1.355	1.20	0.901	3.73

値: 反応量[$\times 10^3$ mV], 反応比(有効数字3桁)[mV/mV]

表 6-2 アンケート点数の集計

実測度数										期待度数								
点数	質問1			質問2			質問3			質問1			質問2			質問3		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
4	0	3	3	0	2	4	0	1	5	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
3	0	1	1	2	2	0	1	1	0	0.67	0.67	0.67	1.33	1.33	1.33	0.67	0.67	0.67
2	6	5	1	6	5	1	7	7	0	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.67	4.67	4.67
1	4	1	0	2	1	0	2	1	0	1.67	1.67	1.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

値:回答数

知られている³⁾。典型的な波形である陰陽二相性波、または、陰陽二相性波の開始時における陰性波が発現しなかった場合として推察される陽性波の2つを、対象とするEDAの形状とした(図6-9)。第2の条件は、EDAの発現位置である。対象とするEDAは、「見下ろし行動」中にあり、厳密には被験者が設定環境の窓際において頭を下げ始めて1秒(潜時)後から頭を上げ始める直前までの間に位置する。また、例外的に以上の2条件に該当するEDAが複数存在する場合、時系列上最初に該当するEDAを、指標に用いるEDAとして特定した。

また、EDA反応量を扱う場合、個人差の問題を考える必要がある。本検証は、最終的にユーザーのストレス指標を元に設計案の検討ができるか明らかにする必要がある。したがって、特有な個人だけに対して適応できるシステムとして検証されるのではなく、不特定多数の人に対して適応できるシステムとして検証される必要がある。EDA反応量をそのまま値として用いると、手掌に精神性発汗が出やすい被験者と出にくい被験者を考慮せずに一律に扱ってしまう。つまり、EDA反応量を平均化し基準を定める場合、精神性発汗が出やすい被験者に大きく傾倒した基準になり、問題となるはずのストレス指標であったとしても検出できなくなる可能性がある。そこで予め、

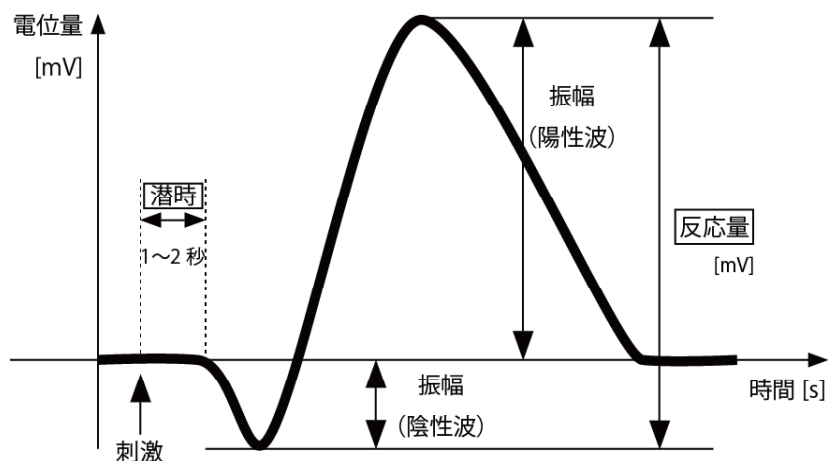


図 6-9 対象とした EDA の形状

横手すり、縦手すり、不安定な台で測定した EDA 反応量を、基準空間で測定した EDA 反応量で除した値を被験者ごとに求めた。

以上により、各試行における EDA 反応量とそれを基に求めた反応比(以降、EDA 反応比と示す。)を表 6-1 に示した。表 6-1 は、「反応量」と「反応比」とに分かれている。反応量とは、各試行で観測した対象とする EDA 反応量 (10^3mV) を示したものである。EDA 反応比とは、基準空間の試行時に観測した対象とする EDA 反応量を分母、他 3 試行で観測した EDA 反応量を分子にとった割合 (mV/mV) を示したものである。また、「O」は基準空間の試行、「A」は横手すりの試行、「B」は縦手すりの試行、「C」は不安定な台の試行を示している。表 6-1 の「-」は、欠損値である。

次に、アンケート点数の集計を表 6-2 に示した。表 6-2 は、「実測度数」と「期待度数」とに分かれている。実測度数とは、質問ごとの回答を試行毎に集計した値である。期待度数とは、分析において独立性の検定を行うために実測度数を変換した値である。また、「A」、「B」、「C」は表 6-2 と同様の試行を示している。「点数」はアンケートの回答形式に対応し、「非常によく感じた」に 1 点、「感じた」に 2 点、「どちらともいえない」に 3 点、「感じなかった」に 4 点、「まったく感じなかった」に 5 点を割り当てた。

6.3. viii . システムの利用のための検証実験の分析と考察

実験の結果を基に設定した 3 つの設計案を比較分析し、ストレス指標により設計案の違いを考察した。

第 1 に、3 つの設計案について EDA 反応量によって求めた EDA 反応比(向性的身体情報)を基に考察した。

まず、EDA 反応比を基に 3 つの設計案の差を確認する上で、設計案以外の要因によって EDA 反応比に差が生まれていないか予め確認する必要がある。とりわけ本検証における実験においては、EDA の馴れに関する影響を検討する必要がある。生理反応を測定する場合、刺激を繰り返し与えることにより刺激に対する馴れが発生し、生理反応が減衰することが知られている。EDA に関しても例外ではない⁴⁾。そこで、EDA の馴れに関する影響を考慮するため、繰り返し試行の試行間に 20 分の休憩を設けた。この休憩が EDA の馴れの影響に対する考慮として適切であるかを次に確認した。

確認方法は、EDA 反応比(表 6-1 に示した欠損を除く 29 のデータ)を基にした反復測定による一元配置の分散分析である。EDA 反応比は、横手すり、縦手すり、不安定な台の 3 試行を 1 ~ 3 回目の試行順に並び替えて取り扱った。まず、検定に用いる F 分布に歪みの修正が必要であることを検証するために、モークリーの球面性検定を用いた。その結果、有意確率 0.192(> 0.05) が得られ、球面性の仮定は成り立っていることが明らかになった。したがって、球面性の仮定を考慮した反復測定による一元配置の分散分析を行う。分散分析の結果は、表 6-3 である。表 6-3 より有意確率 0.370(> 0.05) となり、「1 回目・2 回目・3 回目で EDA 反応比の変化に差はない」という仮説は棄

表 6-3 馴れの影響に対する一元配置の分散分析

	平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率	判定
回数(球面性の仮定)	3.170	2	1.585	1.060	0.370	
誤差	23.922	16	1.495			

** : 1%有意 * : 5%有意

却できないことが明らかになった。要するに、試行を繰り返したことによる顕著な効果は認められず、本実験における EDA の馴れの影響に対する考慮が有効であったことが明らかになった。この確認により、EDA の馴れに関する影響は無視でき、本実験が 3 つの設計案の差をより正確に確認できる実験であることが示された。

次に、実際に EDA 反応比を基に 3 つの設計案の差を確認した。EDA 反応比（表 6-1 に示した欠損を除く 29 のデータ）を基にした一元配置の分散分析（対応のない因子）の結果を表 6-4 に示す。表 6-4 より有意確率 0.011 (< 0.05) となり、5% 有意で「横手すり、縦手すり、不安定な台で EDA 反応比の変化に差はない」という仮説は棄却できることが明らかになった。要するに、横手すり、縦手すり、不安定な台の試行の間には、EDA 反応比に顕著な差が認められ、3 つの設計案の間に向性的身体情報の差が存在することが定量的に明らかになった。

また、設計案ごとに EDA 反応比を確認することで、向性的身体情報を基に各設計案を評価した。図 6-10 には、設計案ごとに、EDA 反応比の平均値と標準偏差 σ 、95% 信頼区間を示した。また、基準空間で観測された反応量を分母に各設計案の EDA 反応比を求めたことから、EDA 反応比が 1 であることはストレスを増減させる効果のない設計案であることを示し、EDA 反応比が 1 以上であるか、1 以下であるかを確認することで、向性的身体情報を基に各設計案を評価することができる。図 6-10 の「A」をみると平均値は 0.68、「B/O」をみると平均値は 0.32 で、横手すりでは設計案が施されていない窓際で観測される EDA 反応量の 7 割程度、縦手すりでは 3 割程

表 6-4 設計案の効果に対する一元配置の分散分析

	平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率	判定
群間	12.958	2	6.479	5.432	0.011	*
群内	31.012	26	1.193			
合計	43.970	28				

**:1%有意 * :5%有意

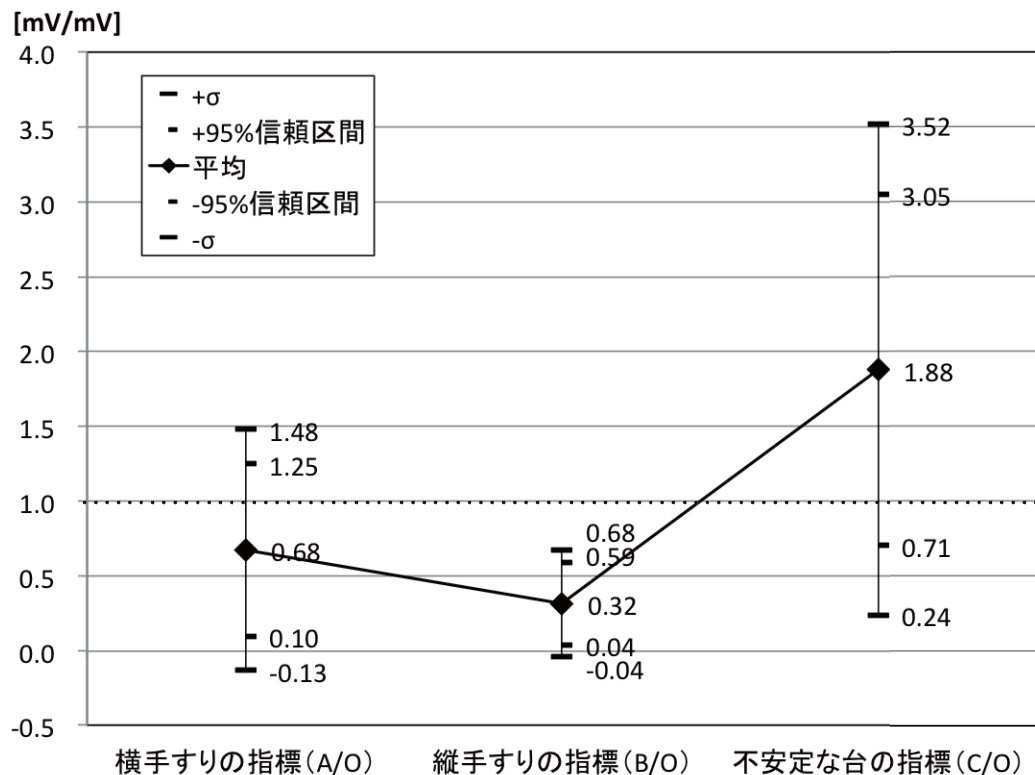


図 6-10 EDA 反応比の比較

度しか発生していないことが分かった。また、「C/O」をみると平均値は 1.88 で、不安定な台では、設計案が施されてない窓際で観測される EDA 反応量の 1.9 倍程度が発生していることが分かった^{注8)}。要するに、横手すりと縦手すりには EDA 反応量を低減させる効果があり、不安定な台には EDA 反応量を増大させる効果があると評価できた。

第 2 に、3 つの設計案についてアンケート点数（志向的身体情報）を基に考察した。

まず、表 6-2 を用いて質問ごとに独立性の検定をした結果が、表 6-5 である。表 6-5 より質問 1 の有意確率は 0.0038 (< 0.01)、質問 2 の有意確率は 0.0059 (< 0.01)、質問 3 の有意確率は 0.0007 (< 0.01) となり、すべての質問において 1% 有意で「質問事項と 3 つの設計案とは関連がない」という仮説は棄却できた。つまり、横手すり、縦手すり、不安定な台の 3 つの設計案には、安心感、頼りがい、体勢の支持能力の 3 つ全ての要素と母集団において関連があることが明らかになった。

表 6-5 アンケート結果の独立性の検定

**:1%有意 * :5%有意

	自由度	カイ2乗値	有意確率	判定
質問1	8	22.7	0.0038	**
質問2	8	21.5	0.0059	**
質問3	8	27.0	0.0007	**

次に、3つの設計案と関連が明らかになった3要素との間を具体的に確認することで、志向的身体情報を基に各設計案を評価した。図6-11,12,13は、質問事項の点数を設計案ごとに比較したチャートである。図6-11,12,13には、設計案ごとに質問事項に対する点数の平均値と標準偏差 σ 、95%信頼区間が表示されている。まず、それらの値を3.0(点)の値を基準にみていく。3.0という点数は、アンケートの回答形式では「どちらともいえない」に相当し、アンケート点数の分岐点であることが分かった。図6-11,12,13の横手すりの項を順に示すと平均値は1.6,2.0,1.9となる。また、縦手すりの項も横手すり同様に示すと平均値は2.6,2.5,2.2になっている。つまり、志向的身体情報により、横手すりと縦手すりは、安心感を与えること、頼りがいがあること、体勢を支持する能力があることが明らかになった。逆に、図6-11,12,13の不安定な台の項を順に示すと平均値は4.2,4.3,4.5になっている。つまり、不安定な台は、安心感を与えることができないこと、頼りがいがないこと、体勢を支持する能力がないことが明らかになった。要するに、志向的身体情報を基に、身体の安定感に関わる設計案の能力を横手すり・縦手すりは有し、不安定な台は有さないという評価をすることができた。

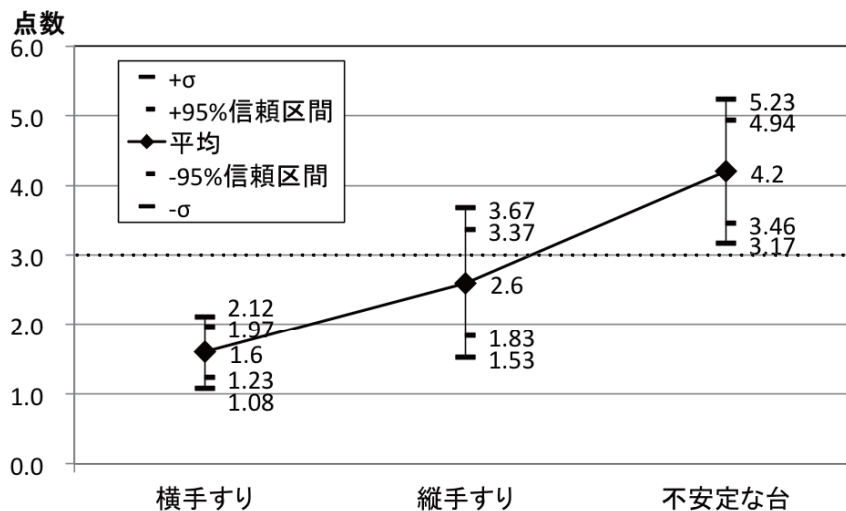


図 6-11 「安心感」の点数比較

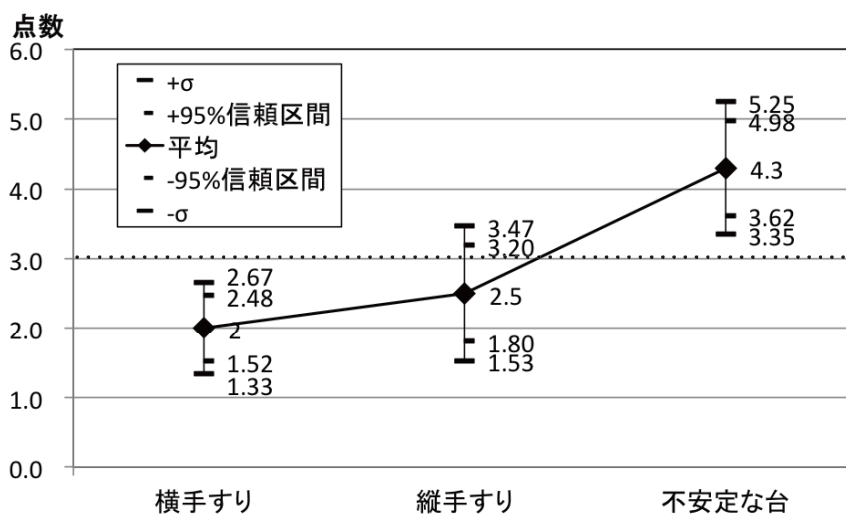


図 6-12 「頼りがい」の点数比較

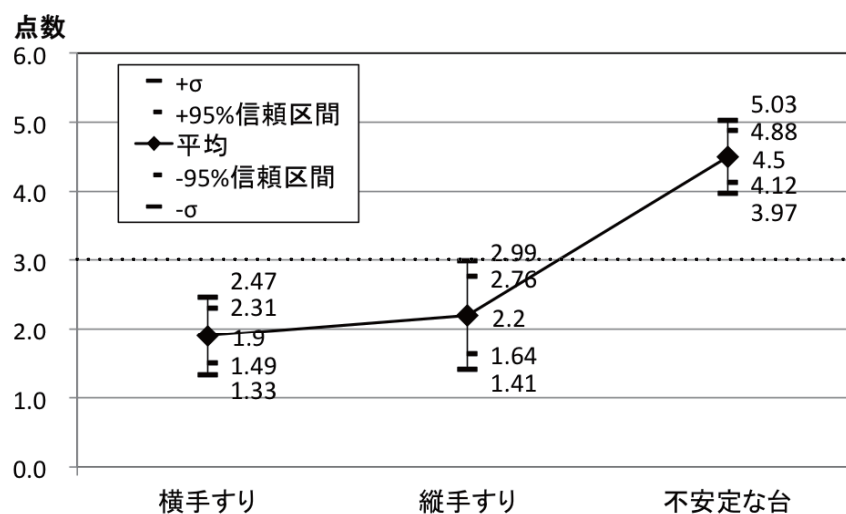


図 6-13 「体勢の支持能力」の点数比較

6.4. システムの利用のための検証のまとめ

本章における検証は、「VR とストレス指標を用いた建築設計」システムが、建築計画学で用いられる基準を設定することができ、かつ、その基準を基にストレス指標を位置づけることで、設計案を評価できることの検証を目的としていた。その結果、横手すり、縦手すり、不安定な台の身体の安定感に関わる3つの設計案についてストレス指標を基に評価できることが明らかになった。高所ストレスを対象とした場合、横手すりと縦手すりはEDA反応量を低減させ、身体の安定感に関わる設計案の能力を有することが明らかになった。また、不安定な台は、EDA反応量を増大させ、身体の安定感に関わる設計案の能力を有さないことが明らかになった。換言すれば、横手すりや縦手すりのような掴まる所を設けるだけでもストレス指標の低減が見込まれ、不安感を減少させられることが明らかになった。

具体的には、次の3点が明らかになった。

第1点目は、本システムが建築計画学で用いられる基準を設定できることである。EDA反応量（向性的身体情報）によって求めたEDA反応比では、1.0（設計案による影響が全くない場合を意味する。）を、アンケート点数（志向的身体情報）では、3.0（安心感や頼りがい、体勢を支持する能力について明確な評価ができない場合を意味する。）を基準として設定できた。

第2点目は、本システムが第1点目において設定した基準に従って、ストレス指標を位置づけられることである。EDA反応量（向性的身体情報）によって求めたEDA反応比の平均値は、横手すり、縦手すりを設計案とする場合1.0以下になり、不安定な台を設計案とする場合1.0以上となった。また、アンケート点数（志向的身体情報）の平均値は、横手すり、縦手すりを設計案とする場合3.0以下になり、不安定な台を設計案とする場合3.0以上となった。

第3点目は、本システムが第2点目により位置づけられたストレス指標を基に、設計案を評価できることである。EDA反応量（向性的身体情報）によって求めたEDA反応比にアンケート点数（志向的身体情報）を含めて考察すると、横手すりと縦手すりの設計案は安心感や頼りがい、体勢を安定

させる能力によってストレスを低減させた一方で、不安定な台の設計案はそれと反対の傾向になることが、具体的な実験データに基づく検定結果により有意差をもって明らかになった。

以上により、本システムが「VRとストレス指標を用いた建築設計」の概念の3つの条件[2) 建築計画学的基準をあらかじめ設定できること、3) VRを体験中のユーザー（不安障がい者など）のストレス指標（向性的・志向的身体情報）を位置づけられること4) 位置つけたストレス指標を基にユーザーと設計者が共通の認識に立って設計案の検討ができること]を現実に可能にすること証明し、本システムによって本概念が利用できることが明らかになった。

注

- 注 1) 本論文で対象とした空間が高所居住空間であることから、高所、かつ、日常的に使用する空間を前提とする必要があった。また、遮蔽率による効果を初期の段階から最小限にすること考慮すると、遮蔽率が0%となる全面開口の窓面を前提に加えることが適切である。したがって、高所、かつ、日常的に使用する空間であり、ガラスのカーテンウォールの使用が比較的多いオフィスを設定した。
- 注 2) 2008.1～2010.11の約3年間で雑誌『新建築』¹⁾に掲載され、最高高さ60m以上、かつ、日本に建設された超高層オフィスビルであることを条件に対象となる建築物を選定した。選定した建築物から寸法を抽出できたものは14棟あった。そして、それらの幅員と天井高を集計し、中央値を求めることで、基準空間の幅員と天井高の寸法を決定した。廊下の寸法を採用した理由は、高所居住時に必ず使用する空間でありながら、交通を目的としていることで簡素な空間になっている場合が多いからである。したがって、対象とする設計案と室内を構成する他の設計案とが競合することによる影響を除外しやすく、また、対象とする設計案に対する違和感が少なくなることが推察できる。
- 注 3) 横手すりの取り付け高さは、建築基準法上で決められた屋外手すりの取り付け高さを採用した。この高さは、日本人のほとんどの人が転落の危険を回避できる²⁾。日常災害防止の趣旨とも一致することから、本章においても1100mmを採用する。
- 注 4) 廊下中心線からずらした縦手すりの取り付け位置は、成人の肩幅の平均²⁾(((成人男性平均肩幅401mm+成人女性平均肩幅371mm)/2)/2)だけ右にずらした寸法を採用している。これにより、被験者が肩幅の位置で安定感をもって縦手すりを握れることを期待している。
- 注 5) 不安定な台の寸法は、見下ろし行動をしても窓にぶつからない程度の奥行きを保ち、かつ、実験中につまづかない程度の低い蹴上げを有する寸法として、事前にトライアルを重ねた上で決定した。また、不安定な台の試行は、弾力性の高いソファの上に立った状態に酷似して

いる。

注 6) 本論文では、無刺激時に EDR（皮膚電気反応）が散発的な出現にとどまり、かつ、刺激呈示時に刺激に対応した EDR の一過性の変化が現れる被験者を、EDA に関する状態像が比較的安定している被験者として選定した。性別や年齢などの被験者属性は、個人差として扱った³⁾。また、被験者は、「5.3. v . システムの精度に関する検証実験の試行」で示した被験者とは全員異なる。

注 7) アンケート項目をシステムの精度に関する検証と同様に「恐怖感」や「高さ感」としなかった理由は、システムの利用のための検証が志向的身体情報による「変更する設計案の差」を明らかにすることを目的としているからである。したがって、直接的に高所ストレスに対する具体的な設計案の能力差が明らかになる質問枝とした。特に、本検証で選んだ設計案は身体の安定に関わることを条件としていたため、その条件と関連が強い設問枝になるよう工夫した。また、身体の安定感に関わるとして設問枝に設定した 3 要素には、次のような語意の違いがある。「安心感」は、設計案が被験者に恐怖や不安感を想起させたか否かを示した要素である。それに対して「頼りがい」は、設計案が被験者の信頼を獲得したか否かを示した要素である。また「体勢の支持能力」は、設計案が具体的に被験者の体勢を支えたか否かを示す要素である。したがって、体勢感覚が変化して（体勢の変化を感じて）人間が恐怖の情動を想起し、設計案への信頼が変化する度合いが身体安定感を変化させる。実際に実験に用いたアンケート用紙は、次頁から 3 頁の書式である。試行毎に用いたアンケート用紙を横手すり、縦手すり、不安定な台の順に掲載する。また、実際の紙面の大きさは全て A4 サイズである。

要因番号

被験者番号

実験順序

次の質問に対して最も近いと思う解答に○を付けてください。

1. 【横手すり】に「安心感がある」と感じましたか？

①	②	③	④	⑤
まったく 感じなかった	感じなかった	どちらともいえない	感じた	非常に 感じた

2. 【横手すり】に「頼りがいがある」と感じましたか？

①	②	③	④	⑤
まったく 感じなかった	感じなかった	どちらともいえない	感じた	非常に 感じた

3. 【横手すり】が「自分の体を支えてくれる」と感じましたか？

①	②	③	④	⑤
まったく 感じなかった	感じなかった	どちらともいえない	感じた	非常に 感じた

4. この回の実験について、ご意見、ご感想をお寄せください。

自由記述

アンケートにご協力いただきありがとうございました。

要因番号

被験者番号

実験順序

次の質問に対して最も近いと思う解答に○を付けてください。

1. 【縦手すり】に「安心感がある」と感じましたか？

①	②	③	④	⑤
まったく 感じなかった	感じなかった	どちらともいえない	感じた	非常に 感じた

2. 【縦手すり】に「頼りがいがある」と感じましたか？

①	②	③	④	⑤
まったく 感じなかった	感じなかった	どちらともいえない	感じた	非常に 感じた

3. 【縦手すり】が「自分の体を支えてくれる」と感じましたか？

①	②	③	④	⑤
まったく 感じなかった	感じなかった	どちらともいえない	感じた	非常に 感じた

4. この回の実験について、ご意見、ご感想をお寄せください。

自由記述

アンケートにご協力いただきありがとうございました。

要因番号

被験者番号

実験順序

次の質問に対して最も近いと思う解答に○を付けてください。

1. 【不安定な台】に「安心感がある」と感じましたか？

①	②	③	④	⑤
まったく 感じなかった	感じなかった	どちらともいえない	感じた	非常に 感じた

2. 【不安定な台】に「頼りがいがある」と感じましたか？

①	②	③	④	⑤
まったく 感じなかった	感じなかった	どちらともいえない	感じた	非常に 感じた

3. 【不安定な台】が「自分の体を支えてくれる」と感じましたか？

①	②	③	④	⑤
まったく 感じなかった	感じなかった	どちらともいえない	感じた	非常に 感じた

4. この回の実験について、ご意見、ご感想をお寄せください。

自由記述

アンケートにご協力いただきありがとうございました。

注 8) 本論文における EDA 反応比のばらつきは、偶然誤差として認定している。本実験で採用した VR 空間は、実空間での実験に比べ、空間の条件を高い精度で揃えることができる。また、被験者に対する教示や行動規制を工夫したことによって、被験者間に実験精度の差が生じないように配慮した。したがって、本実験に関する系統誤差は小さかったと推察できる。さらに、各設計案の EDA 反応比を分散分析した結果が 5% 有意であったことから、一見大きいばらつきに見える EDA 反応比も、設計案の効果による分布に比べると影響の小さいものであったと推察できる。また、分散分析がパラメトリック検定であることから、評価に中央値ではなく平均値を用いた。

参考文献

- 1) 新建築社編：新建築，新建築社，2008.1～2010.11
- 2) 日本建築学会，仙田満編：建築設計資料集成 人間，丸善，2003
- 3) 宮田洋監修，藤澤清，柿本昇治，山崎勝男編：新生理心理学 < 1 巻 > 生理心理学の基礎，北大路書房，1998.5
- 4) 斎藤純平，馬淵大宇，長澤夏子，渡辺仁史：高所空間における「馴化」没入型 Virtual Reality システムを用いた EDA 測定 その 2, 日本建築学会 大会学術講演梗概集 .D-1, pp.87～88, 2010.7

第 7 章
おわりに

第 7 章

おわりに

7.1. 本研究の成果

建築計画学と設計方法論の経緯と今後の課題から、両学が融合することにより「ユーザーの視点を建築設計のプロセスに取り込むこと」を目指した。建築計画学は、学の発生当初の精神を展開し、より本質的な生活者の実態に基づいて建築を評価（特に建築内部の意匠に対する評価）することの重要性を示し、その評価を積極的に設計に取り込む必要性を示した。一方、設計方法論は、設計プロセスの中に建築計画学の知見に基づいて生活者の視点を取り込むことの重要性を示した上で、その具体的な方法を今後の課題とした。

また、VR とストレス指標は「ユーザーの視点を新しい建築設計のプロセスに取り込むこと」を可能にする技術と指標であることが明らかになった。VR は、技術の発展と時代的要求に支えられ、今後に普及していくことが見込まれた。建築分野においても、ユーザーへのプレゼンテーションの道具としての限定的な利用を超えて、ユーザーの意向（情報）を反映させて改変し、合意形成に至るまでのツールへと展開する可能性が示された。一方、不安障がい者の向性的・志向的身体情報によるストレス指標は、不安障がい者の情報を建築設計に反映させる有効な指標として示された。不安障がいは、日本の代表的な疾患の 1 つあり、部分的には建築設計による対応が可能である。ストレス指標によって、不安障がいの状態を把握することができることから、当人のストレス指標を根拠に空間性を評価し、不安障がいの病状に対応できる建築のデザインを設計者は提案することが可能である。

以上を踏まえて本論文は、「VR とストレス指標を用いた建築設計」の概念を定義し、その概念に基づくシステムを構築することにより、システムの精度と利用の可能性を検証することを目的とした。そして、当概念の実現性と有効性の証明を目指した。具体的には、次の3つの成果を得た。

1つ目の成果は、VR を用いて設計段階の建築物をユーザーが体験し、その体験中のユーザーのストレス指標（向性的・志向的身体情報）をリアルタイムに観測できるシステムを構築できたことである（4章）。具体的には、VR のシステムにモーションキャプチャシステムと頭部装着ディスプレイを組み合わせた没入型 VR システムを用いることで、VR 空間上に設計段階の建築物を作り出すことを可能にした。そして、ストレス指標のシステムに皮膚電位計を用いることで、設計プロセスに取り込めるユーザーの向性的身体情報（皮膚電気活動）を観測可能にした。また、本システムの主な特徴が、次の5つとして明らかになった。それらは、①体験者の自由な行動が可能なこと、②実空間との差異を感じにくいこと、③デザインの一部を体験中に変更できること、④体験中に向性的身体情報をリアルタイムに取得・確認ができること、⑤繰り返し体験が可能なこと、の5つであった。

2つ目の成果は、本システムが作り上げた VR 上でのストレス指標が、現実の場合をどの程度再現できるのか検証できた（5章）。具体的には、実空間に対して VR 空間では、過大なストレス指標（向性的・志向的身体情報）が取得されることが明らかになった。したがって、高所ストレス（本論文における設定環境より）を対象とした場合、VR 空間上で取得したストレス指標を小さな値に補正して実空間に適応させる必要がある。EDA 反応量（向性的身体情報）は、VR 空間上で取得した EDA 反応量の値を、性別を考慮しない場合には 46%、男性の場合には 76%、女性の場合には 25% に補正して実空間に適応する必要がある。また、女性は男性に比べて、VR 空間上での EDA 反応量をより小さな値に補正して実空間に適応する必要がある。VR 空間上で男女の被験者が共に同等の EDA 反応量を発現した場合、女性の実空間における EDA 反応量は、男性の実空間における EDA 反応量から VR 空間上での EDA 反応量の 50% 程度を減じた値として評価できる。また、アンケー

ト点数（志向的身体情報）は、VR空間上で取得したアンケート点数の値（「高さ感」、「恐怖感」）を、男性女性に関係なく小さな値に補正して実空間に適應する必要がある。さらに、実空間に対してVR空間が過大なストレス指標になった理由には、身体の安定感の喪失が推察された。そして、女性が男性に比べて、VR空間上でのEDA反応量をより小さな値に補正する必要がある理由は、男女間の筋力差による身体の安定感の違いに起因する可能性があることが推察された。

3つ目の成果は、本システムが建築計画学的基準を設定でき、かつ、その基準を基に観測したストレス指標を位置づけることにより、デザインを判断できるシステムであることを検証できたことである（6章）。具体的には、志向的身体情報であるEDA反応比（各設計案を適應した空間体験時のEDA反応量／基準空間体験時のEDA反応量）では1を、志向的身体情報であるアンケート点数では3.0を基準値として設定できた。また、これら基準値と比較してユーザーのストレス指標を、身体の安定感に関わる3つの設計案（横手すり、縦手すり、不安定な台）を適應した空間体験時毎に異なった値として、位置づけることができた。さらに、10人に対して実験を試行したことにより、身体の安定感に関わる3つの設計案について、ストレス指標を基に、統計学的な判断ができた。具体的には、EDA反応比の平均値が、横手すりを適應した空間体験時では0.68、縦手すりを適應した空間体験時では0.32となり、基準空間で観測されるEDA反応量以下であることが明らかになった。また、不安定な台を適應した空間体験時では1.88となり、基準空間で観測されるEDA反応量以上であることが明らかになった。アンケート点数は、横手すりと縦手すりがすべての質問枝で3.0以下となったことから、2つの設計案は安心感を与えること、頼りがいがあること、体勢を支持する能力があることが明らかになった。また、不安定な台がすべての質問枝で3.0以上となったことから、不安定な台は安心感を与えることができないこと、頼りがいがないこと、体勢を支持する能力がないことが明らかになった。これらの結果は、検定による有意差をもって証明された。

以上により、本論文は、「VR とストレス指標を用いた建築設計」の概念として定義した次の4の条件に基づいたシステムとして、システムの精度と利用の可能性の検証を完了した。

- ① VR を用いて設計段階の建築物をユーザーが体験できること
- ② 建築計画学的基準を設定できること
- ③ 建築計画学的基準を基に、VR を体験中のユーザー（不安障がい者など）のストレス指標（向性的・志向的身体情報）を位置づけられること
- ④ 位置づけたストレス指標を基にユーザーと設計者が共通の認識に立って設計案の検討ができること

つまり、1つ目の成果により①-④の条件を可能にするシステムを構築し、2つ目の成果により④の条件を精度として保証し、3つ目の成果により②・③の条件を検証することで④が可能であることを示し、本概念の利用の可能性を明らかにした。しがたって、本論文の「VR とストレス指標を用いた建築設計」の概念を定義し、その概念に基づくシステムを構築することにより、システムの精度と利用の可能性を検証するという目的は達成された。

7.2. 本研究の適応範囲

本論文には、検証の被験者属性 (A) や VR 空間と実空間との乖離の検証の範囲 (B)、没入型 VR システムの性能 (C)、システムを適用した対象者の行動 (D) に伴って、本論文が証明できる限界と本論文が開く可能性の範囲がある。次に、以上 4 項目に対して、本論文の限界と可能性を明確にする。

A. 本論文の 5 章、及び、6 章の検証を健常者に対して行なったことによる限界と可能性

本論文の 5 章、及び、6 章における検証は、健常者を被験者として行なった。その理由は、本研究が、不安障がい者の治療を目的とした研究ではないからである。つまり、病状の悪化が懸念される実験を不安障がい者に対して行なうことには、倫理的に難しいと判断した。したがって、厳密に言うならば、不安障がい者を対象に本論文における検証の成果を適応した場合、5 章では、VR 空間におけるストレス指標の低減補正を拡大させる必要があったり、6 章では、実施した検証以上に横手すりや縦手すりに掴まることによるストレス指標の低減効果が期待できたりする可能性がある。つまり、本論文における検証の成果が、不安障がい者に対しては必ずしも一致しないという限界がある。

しかしながら、被験者を不安障がい者として検証を行なったとしても、結論が逆転するとは考えにくい。なぜならば、「3.2.1. 不安障がいの現在」において示したように、健常者においても不安は存在し、不安障がい者と健常者を 2 属性としてではなく、1 属性の段階的な推移の中に両者があると考えられるからである。特に、本論文で一貫して用いたストレッサーは、「5.3. ii . 対象とするストレスの設定」において示したように、既往研究において健常者であっても一定の範囲で EDA の検出ができることを確かめられている高所ストレスであった。したがって、健常者において発現する高所の不安を増大する方向へ延長した先に、不安障がい者の不安が位置すると考えられ、健常者を被験者にした本論文の検証において導かれた効果は、不安障がい者において過度に発現することがあったとしても否定されるとは考えにくい。つ

まり、本論文における建築設計プロセスや各検証の成果は、不安障がい者に対しても、条件（ストレス指標の過度な発現）付きで直接応用できると推察される。

B. VR空間と実空間との乖離の検証に関する限界と可能性

本論文の5章では、ストレス指標に関するVR空間と実空間の乖離について検証した。その結果、向性的身体情報（EDA反応量）、および、志向的身体情報（アンケート点数）共にVR空間において高い値を示し、VR空間が過大なストレス指標を発現させることが定量的に明らかになった。つまり、本論文の目的上、あくまでストレス指標に関する乖離に対する検証であり、視覚や平衡感覚、触圧覚の情報に関する乖離を検証ができていないわけではなかった。したがって、本論文のVR空間と実空間との乖離の検証は、ストレス指標に限定された検証であることから、検証の範囲に限界がある。

しかしながら、本論文における検証は、諸感覚の情報に関する乖離を検証する際にも応用できる方法を示した。本論文における検証と同様に、実空間をVR空間として再現し、両空間で同様な実験を行うことで得られた定量的な諸感覚の情報を分析することにより、VR空間と実空間の乖離の程度を証明することが可能である。したがって、本論文は、VR空間と実空間との乖離の検証方法に関する知見を示した意味においても可能性を開いた。

C. 本論文のシステムが対応できる不安障がいの範囲の限界と可能性

本論文における没入型VRシステムによって再現可能な情報には、視覚情報と触圧覚情報、平衡感覚情報の3つがある。

視覚は、「外界からの情報の中で、可視光を受容することによって起こる感覚」であり、「意識に上る情報として考えると、見ているものの形、色、動き、位置の情報など」が該当する（p.266）。没入型VRシステムでは、HMDが映し出す広視野の「可視光」により、視覚情報を再現した。¹⁾

触圧覚は、「皮膚表面あるいは毛の先に軽く触れる、または押すといった弱い機械的刺激によって起こる感覚」（pp.222,223）である。没入型VRシ

システムでは、HMDによる視覚情報に対応する位置に、視覚情報と類似する実物を配置することにより、「触れる、または押す」といった触圧覚情報を再現した。¹⁾

平衡感覚は、「半規管 semicircular canal と耳石器 otolith organ」の「両者を合わせて前庭器官」を受容器とした感覚である。「半規管は角加速度の受容器で、頭部の回転運動を検出」し、「耳石器は直線加速度の受容器で、頭部の直線運動と重力方向に対する傾きを検出」する。つまり、「前庭器官により検出された頭部の位置や動きに関する情報は、視覚や体性感覚情報と統合され、空間における身体方向の知覚や自己運動の感覚」を生じさせ、平衡感覚となる。(p.257) 没入型 VR システムは、HMD に光学マーカーを取り付けることにより、体験者の動作に連動して視覚情報が変化するシステムであった。それにより、前庭器官の情報は、VR 空間における視覚や体性感覚（触圧覚など）情報と統合し、「空間における身体方向の知覚や自己運動の感覚」を生じさせ、平衡感覚を再現した。¹⁾

以上により、本論文における没入型 VR システムによって再現可能な情報（視覚情報、触圧覚情報、平衡感覚情報）が明らかになった。したがって、本論文における没入型 VR システムは、「3.2.2. 建築設計が対応可能な不安障がい」において、特定の恐怖の対象や状況によっては勘案する必要があるとした「聴覚」や「嗅覚」が再現できないため、対応できる不安障がいの範囲に限界がある。

しかしながら、前向きに本論文における没入型 VR システムを理解するならば、残す2つの感覚を再現することで、本論文によって建築設計が対応可能な不安障がいとして認めた全てを扱うことができる。特に、「聴覚」の再現が重要である（「嗅覚」の再現が重要になる場合は、「公衆便所での排尿あるいは排便」が対象になる際に限られると推察できるため）。今後、没入型 VR システムに聴覚情報を再現できるような更新を施すことで、建築設計が対応可能な不安障がいをほぼ網羅して扱うことができ、VR とストレス指標を用いた建築設計プロセスの可能性を大きく開くと推察される。

D. 本論文のシステムを適用する対象者の行動の限界と可能性

本論文の5章、及び、6章における実験と検証は、被験者行動を高所からの「見下ろし行動」に限定し、その際に発現するストレス指標に限って考察を行なった。つまり、「見下ろし行動」以外の行動を対象とすることが可能である状況の中で、検証の精度向上を図る目的によって、便宜上「見下ろし行動」に行動を限定していた。したがって、「見下ろし行動」という特定の行動によって、検討できる設計案の範囲の限界が生まれていた。

しかしながら、本論文のシステムは、「C. 本論文のシステムが対応できる不安障がい」の範囲の限界と可能性」で示した、視覚情報と触圧覚情報、平衡感覚情報の3つの情報を頼りにVR空間を自由に行動することができ、より多様な設計案の検討が可能である。つまり、6章における検証では、「見下ろし行動」による超高層建築の窓際の設計案に限定した検討が行なわれていたが、視覚や触圧覚、平衡感覚を頼りに可能になる行動（歩く、振り返る、立ち止まる、座るなど）に対応した設計案の検討が可能である。例えば、本論文が特定の恐怖の対象や状況として扱った高所を想定した場合、超高層建築の窓際に接近するシーケンスを対象者の行動として、高層の廊下の設えやサインなどを検討することができる。したがって、本論文のシステムは、システムの検証という目的にない場合、視覚や触圧覚、平衡感覚を頼りに自由な行動を行なう対象者に対して適用でき、より広範な設計案に対して検討できるシステムとして可能性が開かれている。

以上により、本論文の限界と可能性が明確化し、本論文の結論が示す範囲を厳格化した。

7.3. 展望

今後、本論文の成果を活用するためには、次の3点が重要である。

1点目は、本システムの実用化にむけた課題の解決である。「VRとストレス指標を用いた建築設計」の本システムを実用の場面で用いる場合、主に3つの課題がある。1つ目の課題は、本システムを常設する為の屋内施設を確保する必要があることである。現状では、本システムが比較的大きな部品により構成されており、また、耐水性もないため、本システムを利用するためには屋内に一定のスペースが常時必要である。2つ目の課題は、本システム上の行動範囲が、建築設計の適用範囲を制限していることである。現状では、本システムのHMDに付属するケーブルの長さによって体験者の行動範囲が規定されている。したがって、ケーブルの長さを半径とする円が体験者の行動可能な範囲となり、それ以遠は視覚的にVR空間として構築できるが、実際には体験者が近寄ることはできない。つまり、半径がHMDのケーブルの長さ以下の範囲で、適用する建築設計の範囲を設定しなければならない。3つ目の課題は、体験者が比較的安静な状態である必要があることである。現状では、激しい運動時のような場合、本システムの精度上、正確なEDA反応量の値を取得することができない。その理由には、精神性発汗以外の要因（アーティファクト）によってEDA反応量の値が変化する可能性が高いことが挙げられる。しかしながら、以上の3つの課題は、いずれも技術的な課題であり、将来的に解消されることが期待できる。本システムが、小型化・防水化・無線化したり、向性的身体情報の誤差補正が可能になったりするなど、技術的に進歩することにより、どこでも、どのような範囲にでも、どのような体験者の状態であっても適用可能なシステムになりえる。

2点目は、VRとストレス指標の普及である。3章より、VRとストレス指標のニーズの高まりから、それらの展開が見込まれた。今後、両者が実社会の中での認知を高めることにより、両者の普及は現実になることが推察される。VRが普及することにより、未来を人工現実感としてユーザーと設計者が共有できるようになり、両者が一体となって「コ・クリエーション」する動きが加速するであろう。また、ストレス指標が普及することにより、ユー

ザーの行動や健康などに配慮した建築設計が可能になるであろう。つまり、両者が普及した社会によって初めて、「ユーザーの視点を建築設計のプロセスに取り込むこと」を目指した本論文の成果の活用が加速する。

3点目は、建築計画学研究者と建築設計者の意識改革である。建築計画学の研究者は、実際の設計活動に活用できることを意識して研究を進める必要があった。2章において内藤和彦が示したように、建築計画学が「具体的な建築物の設計に必要不可欠なもの」となるように、「本来の設計に役立たせることへのこだわり」をもった研究が求められる。また、建築設計者は、誰のための建築を設計するかを明確に意識することが望まれる。一定の成熟した社会においては、多様なユーザーのニーズに対して適切に対応できる設計活動が求められる。その際、根拠を持った対応が必要である。ユーザーの情報を根拠にする場合、建築計画学は1つの知見を提示できる。したがって、建築設計者は、建築計画学的基準を活用して、ユーザーにとってやさしい建築を設計することが今後求められるであろう。本論文は、建築計画学研究者と建築設計者の意識改革が進むことによって、価値が高っていくことが推察される。

以上により、「VRとストレス指標を用いた建築設計」は、「ユーザーの視点を建築設計のプロセスに取り込むこと」を可能にする1つのプロセスとして、より価値が高まることが期待される。

さて、最後に、本論文により描きうる未来について大きく展望する。

VRの技術的発展と普及によって、再現された近未来を事前に共有体験することは当たり前になると予想される。また、ウェアラブル端末と総称される身につける情報機器の技術的発展と普及によって、可視化された自らのストレス指標を把握することが日常的になると予想される。これらの進展が世間一般のニーズを呼び、建築設計の場面においてもVRとストレス指標の導入が一気に進むことが考えられる。

ユーザーは、VRを用いて建築設計の進捗状況を確認したいと要望するようになり、そして、実際の建築設計の確認時には、ユーザーが普段から身に

つけているウェアラブル端末によってストレス指標に異常がないか確認し、その設計案が自身にとって相応しいデザインであるかどうかを判断する材料にするであろう。

また、設計者は、以上のようなユーザーの要望を事前に想定し、設計初期の段階から VR とストレス指標を積極的に導入するようになるだろう。最初期のスタディーから実施設計に至るまでの一連の設計行為自体が VR 空間で行なわれるようになり、PC の前で図面や 3D モデルを製作する作業は極端に少なくなることが期待できる。また、社内での検討や評価、変更も VR 空間で行なわれるようになり、その際の判断としてストレス指標が重要な意味を持って扱われるようになるだろう。また、以上のような設計の全過程は、BIM によって一元管理されるようになると予想される。

さらに、設計の対象によっては、ユーザーと設計者の他に有識者（医療従事者など）が、建築設計に対して積極的に関与する場合も発生することが予想される。ストレス指標を基に、有識者がより専門的な判断を設計案に対して下すようになることも十分に考えられる。設計案がユーザーにとって真に相応しいものとなる画期的な建築設計プロセスとして注目されることであろう。そして、最終的には、VR とストレス指標を用いて、可能な限りユーザーと設計者、そして、有識者が一体となって「コ・クリエーション」する建築設計プロセスが求められることになるであろう。

以上のように予想した未来が訪れた時、本論文がその出発点として寄与できることに期待し、筆を仕舞うことにする。

参考文献

- 1) 小澤澁司, 福田康一郎: 標準生理学 第7版, 医学書院, 2009.4

謝辞

本論文をまとめるにあたり、修士課程、博士後期課程、その後と永きにわたりご指導してくださりました、主査である渡辺仁史教授に心から御礼を申し上げます。

また、副査を担当してくださった入江正之教授、高口洋人教授、古谷誠章教授（五十音順）のお三方には、本論文を作成するにあたり、大変貴重なご意見を賜りました。お忙しい中にも関わらず、本論文の為に時間を割いて審査いただきましたこと、心から感謝申し上げます。

お茶の水女子大学 人間文化創成科学研究科 元岡展久准教授、並びに、早稲田大学理工学術院 総合研究所理工学研究所 長澤夏子次席研究員には、度重なる実験に対するご指導・ご協力、また、本論文の方向性について重要なお指摘を数多くいただきました。本論文は、先生方と共に歩ませていただいた貴重な研究活動の軌跡です。このお二人を無くして、本論文を作り上げることはできませんでした。重ね重ね、深く御礼申し上げます。

（株）クレッセントにおかれましては、VRの装置（没入型VRシステム）に関する技術的援助を頂きました。ここに、感謝を申し上げます。

また、実験を共に行なってくれた、斎藤純平さん、新田かおるさん、瀧口希望さん、その他アシスタントや被験者としてご協力くださった皆様、共に議論をしてくださったお茶の水女子大学 人間文化創成科学研究科 元岡展久研究室の皆さんにこの場をおかりして御礼申し上げます。

そして、早稲田大学 理工学部 建築学科 渡辺仁史研究室の先輩方、同級生、後輩の皆さんとは、長い時間を共に過ごし、多くの議論を重ねてきました。本論文が完成したのは、その積み重ねの結果であり、皆様の励ましがあつたからこそです。心から感謝いたします。

最後になりましたが、私の行く末を日々案じ、一貫して変わらぬ応援をしてくれた家族に感謝いたします。

2014年12月

馬淵 大宇

研究業績

種類別	発表・発行		発表・発行	連名者
	題名	掲載誌名	年月	(申請者含む)
○論文	<p>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 年 10 月、馬淵大宇，長澤夏子，渡辺仁史，新田かおる，元岡展久</p>			
○論文	<p>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、日本建築学会計画系論文集 第 77 巻 第 676 号、pp.1319-1324、2012 年 6 月、馬淵大宇，長澤夏子，斎藤純平，渡辺仁史</p>			
論文	<p>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、日本建築学会計画系論文集 第 76 巻 第 662 号、pp.741-746、2011 年 4 月、長澤夏子，馬淵大宇，渡辺仁史</p>			
講演	<p>住まいにおける気分障害患者の行為の構造 『私のうつノート』を対象文献として、日本建築学会学術講演梗概集 E-1、pp.1141-1142、2014 年 7 月、馬淵大宇，渡辺仁史</p>			
講演	<p>気分障害患者の事例にみる住まいの構造 「私のうつノート」を対象文献として、日本建築学会学術講演梗概集 E-1、pp.1263-1264、2013 年 7 月、馬淵大宇，渡辺仁史</p>			

種類別	発表・発行		連名者 (申請者含む)
	題名	掲載誌名 年月	
講演 (受賞)	PET/CT 検査室における患者の不安感と環境デザインに関する研究、第 32 回日本核医学技術学会総会学術大会 (ポスター)、2012 年 10 月、長澤夏子, 馬淵大宇, 村元萌, 福元啓祐, 窪田和雄, 岡崎百子, 諸岡都, 南本亮吾		
講演	高層における窓際デザインと窓際へ接近する際の不安感との関係、日本建築学会学術講演梗概集 E-1、pp.819-820、2012 年 7 月、馬淵大宇, 長澤夏子, 渡辺仁史		
講演	没入型 VR システムを用いた高所窓際デザインの EDA(皮膚電気活動)による評価 高所空間における人のストレスの研究(その 1)、日本建築学会学術講演梗概集 E-1、pp.715-716、2011 年 7 月、馬淵大宇, 斎藤純平, 長澤夏子, 渡辺仁史		
講演	没入型 VR システムを用いた高所空間の体験による潜在的不安感の変化 高所空間における人のストレスの研究(その 2)、日本建築学会学術講演梗概集 E-1、pp.717-718、2011 年 7 月、斎藤純平, 馬淵大宇, 長澤夏子, 渡辺仁史		
講演	高所の窓際デザインと高所ストレス 没入型 Virtual Reality システムを用いた EDA 測定、日本建築学会関東支部研究報告集、pp.277-280、2011 年 3 月、馬淵大宇, 斎藤純平, 長澤夏子, 渡辺仁史		

種類別	発表・発行		発表・発行	連名者
	題名	掲載誌名	年月	(申請者含む)
講演	高所空間における「不安感」没入型 Virtual Reality システムを用いた EDA 測定 (その 1)、日本建築学会学術講演梗概集 D-1、pp.85-86、2010 年 7 月、馬淵大宇, 斎藤純平, 長澤夏子, 渡辺仁史			
講演	高所空間における「馴化」没入型 Virtual Reality システムを用いた EDA 測定 (その 2)、日本建築学会学術講演梗概集 D-1、pp.87-88、2010 年 7 月、斎藤純平, 馬淵大宇, 長澤夏子, 渡辺仁史			
講演	日本科学未来館企画展「お化け屋敷で科学する! 恐怖の研究」の関連講演「怖がり屋さんで科学する! 恐怖の計測」、日本科学未来館、2009 年 6 月、長澤夏子, 馬淵大宇, 松島一剛, 斎藤純平			
著書 (共著)	スマートライフ 渡辺仁史研究室が考える未来の暮らし、(株)パレード、2011 年 9 月、渡辺仁史研究室 (馬淵大宇含む)			
その他 (研究助成)	気分障害患者の回復事例にみる住まいの構造、第 52 回 (2013 年度) 竹中育英会建築研究助成 助成額 50 万円、2013 年 7 月、馬淵大宇			
その他 (講演)	男女共同参画社会の推進を図る新しいオフィス空間に関する研究、日本建築学会学術講演梗概集 E-1、pp.501-502、2014 年 7 月、瀧口希望, 渡辺仁史, 馬淵大宇			

種類別	発表・発行		発表・発行	連名者
	題名	掲載誌名	年月	(申請者含む)
その他 (講演)	災害時応急仮設住宅における被災者の空間改造欲求と心理的回復、日本建築学会学術講演梗概集 E-1、pp.563-564、2014年7月、小野山賀恵，馬淵大宇，小林恵吾，渡辺仁史			
その他 (講演)	球空間における人間行動領域について、日本建築学会学術講演梗概集 E-1、pp.681-682、2014年7月、陳紹華，馬淵大宇，高橋良爾，渡辺仁史			
その他 (講演)	シロアリの空間構築モデルを用いた商業施設立地ポテンシャルに関する研究、日本建築学会学術講演梗概集 F-1、pp.825-826、2014年7月、佐藤洋平，馬淵大宇，高橋良爾，渡辺仁史			
その他 (講演)	駅における乗降客の属性調査手法の評価 新橋駅乗降客の行動特性、日本建築学会学術講演梗概集 E-1、pp.591-592、2013年7月、伊永拓郎，馬淵大宇，渡辺仁史			
その他 (講演)	車椅子使用者の外出時の負担に関する研究、日本建築学会関東支部研究報告集、pp.289-292、2012年3月、水落裕樹，長澤夏子，馬淵大宇，渡辺仁史			
その他 (講演)	周囲の建築空間や環境が避難意思決定に及ぼす影響に関する研究 2011年東日本大震災における避難行動、日本建築学会関東支部研究報告集、pp.273-276、2012年3月、斎藤純平，馬淵大宇，長澤夏子，渡辺仁史			

種類別	発表・発行		発表・発行	連名者
	題名	掲載誌名	年月	(申請者含む)
その他 (講演)	夜道における不安を誘発する要因と恐怖感にする時系列的解析、日本建築学会学術講演梗概集 E-1、pp. 737-738、2011年7月、余語悠里佳, 長澤夏子, 馬淵大宇, 渡辺仁史			
その他 (講演)	都市歩行時の空間認知における感覚時間に関する研究、日本建築学会学術講演梗概集 E-1、pp.719-720、2011年7月、石井宏樹, 馬淵大宇, 長澤夏子, 渡辺仁史			
その他 (講演)	車椅子利用者の外出意欲向上要素に関する研究、日本建築学会学術講演梗概集 E-1、pp.705-706、2011年7月、水落裕樹, 長澤夏子, 馬淵大宇, 渡辺仁史			
その他 (講演)	「様式の上にあれ」の記述にみる 建築家・村野藤吾の「様式」についての考察、日本建築学会学術講演梗概集 F-2、pp.669-670、2009年7月、馬淵大宇, 河内浩志			
その他 (講演)	建築家・村野藤吾の「記述」に関する研究 様式と道德観念、石川工業高等専門学校紀要、pp.83-87、2007年3月、馬淵大宇, 河内浩志			
その他 (講演)	建築家・村野藤吾の初期の「記述」に関する研究、日本建築学会学術講演梗概集 F-2、pp.497-498、2006年7月、馬淵大宇, 河内浩志			

種類別	発表・発行		連名者 (申請者含む)
	題名	掲載誌名 年月	
その他 (報告書)	からだもこころも元気になるまち明和町、早稲田大学・明和町共同研究報告書、2009年11月、群馬県邑楽郡明和町・早稲田大学渡辺仁史研究室(馬淵大宇含む)		
その他 (取材協力)	NHK企画「ギャクテン教室!」、NHK、2013年8月、長澤夏子, 馬淵大宇		
その他 (取材協力)	NHK企画「極める! サンドウィッチマンの遊園地学」第3回「お化け屋敷 恐怖の科学」、NHK、2012年3月、長澤夏子, 馬淵大宇		
その他 (取材協力)	日本テレビ企画「人類が諦めかけた夢」、日本テレビ、2010年1月、長澤夏子, 馬淵大宇, 斎藤純平		