

早稲田大学大学院 創造理工学研究科

博士論文審査報告書

論 文 題 目

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

申 請 者

馬淵	大字
Daiu	MABUCHI

建築学専攻 建築情報論研究

2014 年 12 月

従来、建築計画学あるいは設計方法論の研究で対象にしていたのは一般的に言って健常なユーザーである。また近年になって障がい者を対象とした研究も身体あるいは視覚障がいなど、その空間行動を設計者や研究者が観察できるものについては指針が確立されるようになった。その一方で、高所恐怖あるいは閉所恐怖といった不安障がいのあるユーザーに対しては、必ずしも有効な研究成果が得られているとは言えないのが現状である。そこで本論文では高所の空間に対して精神的な不安感が看取されるユーザーを対象として、建築の設計プロセスに先端的な情報技術である「VR（Virtual Reality）」と医療・心理分野で広く使われている不安感を客観化する「ストレス指標」を導入することによって、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モデルを提示し、その有効性を検証している。建築分野においてVR技術は設計完了後のプレゼンテーションとして使われ始めたものの、そこでの体験を設計時に科学的にフィードバックできるまでには至っておらず、本論文で初めてそれを可能とする身体的な指標の導入を検証した点が高く評価できる。

本論文は、7つの章により構成されているが、まず第1章では、「はじめに」として、本研究の目的が「VRとストレス指標を用いた建築設計」の概念を定義すること、およびその概念に基づく設計支援システムを構築した上で、その有効性を検証することであるとしている。これまでの建築設計へのVRの導入は、どちらかといえば設計後の空間をプレゼンテーションするためであったのに対し、設計初期の段階に空間に対する恐怖を抱くようなユーザーがVRを用いて建築空間をあらかじめ体験することで、そのストレスを低減できる具体的な案を設計にフィードバックができる点が画期的である。

第2章「建築計画学と設計方法論」では、本研究の背景として建築計画学と設計方法論に関するこれまでの研究内容と今後の課題を概説し、さまざまなユーザーの視点を建築設計のプロセスに取り込むことの重要性を示している。特に、建築計画学の膨大な研究成果が学会などで発表されることはあっても、それが実際の設計の現場では必ずしも有効活用されていないという背景を明らかにしている。不安障がい者が利用する建築設計プロセスも同様であり、その解決には建築学と設計者との連携を実現する新しい考え方や周辺諸科学の技術の導入が必要であり、それらを統合したインタラクティブな設計システムの確立が不可欠であることを明らかにした点は重要である。

第3章「VRとストレス指標を用いた建築設計」では、本論文の主要な考え方をまとめている。まず、不安障がいを持ったユーザーの視点を建築設計のプロセスに取り込むためには、VRとストレス指標が有効な手法であることを明らかに

し、具体的にどのように建築設計プロセスに導入できるかをモデルとして示している。「VR」を単にユーザーへの空間体験のプレゼンテーションの道具として利用するのではなく、特定の精神的な不安（情報）を設計者が的確に捉えられる環境（装置）を作り出すことが重要であるとしている。また、日本の代表的な疾患のひとつでありながら、これまでの建築計画分野ではほとんど取り上げられることの無かった不安障がいを対象とする場合、すでに医学の分野で実績のある向性的および志向的身体情報という2つの概念を含む「ストレス指標」によって数値化できることから、設計者と不安障がいを持ったユーザーとの客観的なコミュニケーションが可能となることを示している。つまりVRによって、不安を生じるさまざまな空間を擬似的に体験させ、そこで得られたストレス指標を基に試行錯誤することで、不安障がいの症状に対応した建築デザインが可能になるとしている。このようなシステムは世界的にも存在しておらず、本研究の成果が大いに期待できる。

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具体的な内容を説明している。システムは幾つかの装置を組み合わせで構築している。まずVR装置として実績のある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システムを新たに構築し、ユーザーがVR空間上で設計段階の建築空間をリアルタイムに体験できることを可能にしている。次にストレス指標の測定には皮膚電位計を用いることで、VR空間を体験中のユーザーの皮膚電気活動（向性的身体情報）を的確に入手できるようにしている。これにより設計プロセスの初期の段階から、ユーザーの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することを実現した点が高く評価できる。

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」は、本研究で構築したシステムの検証である。本システムで表現されたVR空間において計測されたストレス指標が、実空間でのストレスをどの程度忠実に再現できるのかを検証している。VR空間でのストレス指標（向性的身体情報）は、実空間と比較すると平均して2倍程度大きく取得されることを明らかにしている。特に男女間ではVR空間での向性的身体情報の現れ方に差があり、つまり男性においては実空間の約1.3倍、女性では約4倍の結果が得られたことから、取得した身体情報の数値を実空間に適用する場合にはその分だけ小さい値に補正する必要があることを明らかにしている。その上で、本研究では不安障がいの一つである高所ストレスを取り上げ、その場合の向性的身体情報の補正值を厳密に算出している。さらに、被験者への高さ感、恐怖感などを表す志向的身体情報については、アンケート点数を採用しているが、こちらはVR空間での結果を性別に関係

なく一定の割合で小さい値に補正して実空間に適応すれば良いことを明らかにしている。このように必ずしも取得した情報をそのまま設計プロセスに適用するのではなく、本研究の成果で得られた補正值を用いることで実用化が可能であることを検証した点は大きな成果である。

第6章「建築設計プロセスへのシステムの利用」では、本システムの具体的な設計への試用を行い、その有効性を検証している。具体的には建築の高所窓際を想定し、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、VR空間での空間体験を行い、設計案が横手すりと縦手すりの場合、EDA反応比の平均値が1以下とストレスが低減し、設計案が不安定な台の場合には1以上でストレスを助長するとしている。これは従来の主観的な判断をこのシステムによる客観的な数値を基にした統計学的な判断によって証明しており、高く評価できる。

第7章「おわりに」では、本論文のまとめとして、その成果を実際の建築設計プロセスに適用する場合の適用範囲と課題および今後の展望を示している。

以上を要するに、本論文は建築設計にあたって、高所恐怖のように視覚的な情報が優位である不安障がいのあるユーザーに対する設計指針が全く示されていない現状にあって、先端情報技術であるVRおよび精神状態を把握するストレス指標を導入したシステムを新たに提案し設計プロセスに導入することでその有効性を検証している。周辺諸科学との学際的な本研究は、あらゆるユーザーを対象とした建築計画学の新しい視点を開くばかりでなく、他分野の技術が建築分野にも応用可能であることを示唆した点で高く評価できる。よって、本論文は博士（建築学）の学位論文として価値あるものと認める。

2014年12月

審査員	主査	早稲田大学教授	工学博士（早稲田大学）	渡辺仁史
		早稲田大学教授	工学博士（早稲田大学）	入江正之
		早稲田大学教授		古谷誠章
		早稲田大学教授	博士（工学）早稲田大学	高口洋人