

Data-Driven Immersive Optimization - Enhancing Architectural Design using Virtual Reality and Computer Vision

ファビアン エスツアルド ハリン マンセロ

<https://hdl.handle.net/2324/7363562>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏名	ファビアン エスツアルド ハリン マンセロ Fabian Estuardo Jarrin Mancero
論文名	Data-Driven Immersive Optimization – Enhancing Architectural Design using Virtual Reality and Computer Vision (データ駆動型没入型最適化 – バーチャルリアリティとコンピュータビジョンによる建築設計の強化)
論文調査委員	主査 九州大学 准教授 古賀 靖子 副査 九州大学 教授 末廣 香織 副査 九州大学大学院システム情報科学研究所 准教授 Thomas Diego Gabriel Francis

論文審査の結果の要旨

本論文は、持続可能性の確保に加えて、建築設計における技術革新と利害関係者の効果的な関与を達成するという建築・建設業界の課題に対処するために、データ駆動型没入型の設計最適化 (Data-driven Immersive Design Optimization ; DIDO) という枠組みを提案するものである。

第1章では、建築・建設業界における持続可能性、技術革新、効果的な協業に関する要請の高まりに焦点を置き、経験的手法の限界と高度なツールの導入に対する抵抗を強調している。その問題は、計算上の厳密性を、利用者中心の目標と適合させるような枠組みの欠如にあるとして、本研究の目的を、利用者の好み設計の最適解とよく適合するような意思決定プロセスの強化と定めている。そのため、データ駆動型没入型の設計最適化 (DIDO) を提案し、敷地配置計画とファサードデザインにおける応用を通して、その有用性を検証すると述べている。

第2章では、データ駆動型の建築設計、バーチャルリアリティ (VR)、コンピュータビジョンを含む先進的な建築設計技術の現状をレビューし、その貢献と課題を論じている。データ駆動型の建築設計は、性能指標と多目的最適化によって精度を高めるが、データの利用可能性と業界での採用が限定的であること、VR は空間理解と意思決定を改善する没入型環境を提供するが、コストの高さと技術の変化に対する抵抗によって導入が妨げられていること、コンピュータビジョンは設計分析を自動化して、VR による直感的なユーザー体験を補完するが、これらの技術は単独で適用されることが多いことを指摘している。

第3章では、第2章で特定した課題に対処するため、データ駆動型の建築設計、VR、コンピュータビジョンを統合する包括的な方法論としての DIDO を提示し、その詳細を論じている。DIDO は5つの要素、すなわち 3D モデリング、データ駆動型プロセス、VR の統合、データ解析、最適化と改善で構成される。これらの組み合わせによって、計算精度と関係者の経験的理解を高めるシームレスなワークフローが実現し、関係者の好みに合う技術的な最適解が得られるとしている。

第4章では、DIDO を敷地配置計画に適用し、実験研究を通して、利害関係者の関与を強化し、意思決定を改善し、データ駆動型の建築設計を容易にする VR の役割を論じている。実験参加者は、土工量、コスト、環境への影響という敷地配置計画の主要因を、没入型環境で評価した。DIDO では評価中に、多目的最適化モデルからのフィードバックが、没入型環境内にリアルタイムで表示される。その結果、従来の2次元画像による評価に比べて、3次元の没入型環境では意思決定の確度が48.3%向上した。本章では、VR によって利害関係者が複雑な地形を動的に評価し、配置計画を

的確に行えることを示し、DIDO の適応性を証明している。

第 5 章では、DIDO をファサードデザインの複雑性分析に適用し、多様な設計課題に対する DIDO の汎用性を示している。本章では、本研究のために開発した「画像の複雑性コンピュータ解析 (CICA)」システムを導入している。CICA システムは、VR とコンピュータビジョンを組み合わせ、エッジ密度と輪郭数からデザインの複雑性を定量評価するものである。ファサードデザインの複雑性に関する主観評価実験の結果、CICA スコアと実験参加者の好みの中に、強い相関関係があることを示している。また、日本とヨーロッパの文化的に異なる 5 都市の街路景観を分析し、CICA システムの信頼性と DIDO の適応性を証明している。

第 6 章では、本研究を総括し、DIDO の意義、限界、将来の可能性を考察している。DIDO は建築設計において、利害関係者の関与の強化、データ分析への民主的なアクセス、文化を考慮した慣行の促進に貢献するが、より多様な参加者、拡張されたデータセット、3 次元の複雑性と環境要因を捉える指標について検討の余地があるとしている。

以上要するに、本論文はデータに基づく意思決定と没入型技術による利害関係者の関与を統合した多目的最適建築設計「DIDO」という枠組みを提案し、敷地配置計画とファサードデザインの複雑性分析に関する事例研究を通して、建築設計プロセスにおける DIDO の適応性と汎用性を検証したもので、建築・建設分野の発展に寄与するところが大きく、工学的に価値ある業績であると評価する。

よって、本論文は博士（工学）の学位に値するものと認める。