

環境デザインのための VR・MR



研究ノート

福田 知 弘*

Recent Virtual and Mixed Reality for Environmental Design

Key Words : Environmental design, Design support, Virtual Reality, Mixed Reality

はじめに

新たな環境の空間創造や保全を行う環境デザインの過程では、検討中の都市空間や建築物はまだ存在していない。そのため、施主と設計者、設計者とエンジニアや施工者、さらに施主は近隣住民や市民などの関係者に対して、何らかの手段で計画・設計内容を説明して合意形成を図りつつプロジェクトを進める必要がある。模型、図面、手書きパースは空間を表現するために古くから使われ、近年ではコンピュータを用いた方法論やシステムが研究開発されてきた。

VR（人工現実）は現実のように感じられる環境を人工的に作り出す技術であり¹⁾、リアルタイム・レンダリングにより、写實的に表現されたVR空間でウォークスルーしながら検討できる。そのため、CGパースやアニメーションでは限られていた検討の自由度と試行錯誤のスピードを向上させてきた。AR（拡張現実）やMR（複合現実）は現実世界に仮想世界を合成する技術である（本稿はMRを用いる²⁾）。また、情報を付加するだけでなく現実世界を疑似的に消去するDR（隠消現実）もある。

VRは、VRで描かれた仮想空間とVRユーザとは現実空間でつながっていない。また、設計する対象以外となる周辺環境モデルを作成する必要があるため、モデリングコストが増える。一方、計画地や建

設現場で、建設前後の景観変化をじかにシミュレーションしたい。MRは、現実空間を実写映像としてコンピュータに取り込み、BIM（ビルディング・インフォメーション・モデリング）で作成した設計モデルを合成することでシミュレーションできる。さらにDRを組み合わせれば、古くなったビルを解体撤去して新たなビルを建設したり、壁を取り壊してリノベーションする様子をシミュレーションすることも可能である。以降は、研究室での取り組みをご紹介します。

VRによる合意形成

境港市役所・土木設計者・照明デザイナーと取り組んだ「水木しげるロード・リニューアルプロジェクト（2016-2018）」では、関係者間のコミュニケーションツールとして、VRアプリケーションを制作・適用した。水木しげるロードは、JR境港駅前から水木しげる記念館に至るまでの県道と市道で構成されている（総延長800m）。設計段階の2016年9月に「怪フォーラム2016 in とっとり」が境港市で開催されることになり、多くの市民や事業者の参加が見込まれることからリニューアルの全貌をはじめて公表することになった。県道部分と市道部分の発注者は別々であり、リニューアル内容は十分に統一が図られているとは言えず、そのまま進んでもおかしくなかった。怪フォーラムは、妖怪にまつわる三県（岩手・徳島・鳥取）の知事が出席するイベントであり、市長も出席する。県道と市道のトップが同席する機会となった。

日が暮れてから、リニューアル計画のVRを屋外スクリーンに映し出し、一反木綿に乗った鬼太郎がリニューアルされた水木しげるロードを空中や歩行者目線からアナウンサーの朗読に併せて案内した。このVRを見たトップは、県道と市道の設計内容の



* Tomohiro FUKUDA

1971年7月生まれ
大阪大学 大学院工学研究科 環境工学専攻 博士後期課程（1999年）
現在、大阪大学 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 共生環境デザイン学講座 准教授 博士（工学）
環境設計情報学
TEL：06-6879-7661
FAX：06-6879-7661
E-mail：fukuda@see.eng.osaka-u.ac.jp



図1 水木しげるロード・リニューアルプロジェクト (堺港市)

ずれに気づき、翌週からは県道と市道のデザイン統一を図りながら設計を進めることになった (図1)。

新たな水木しげるロードが完成してしまうとやり直しは容易ではない。VRを設計段階から使うことで問題を発見し、建設段階においてもVRを媒体としながら、必要に応じて改良することにより、2018年夏、水木しげるロードは完成した。

温熱環境 VR・MR

建築家と取り組んだ「INP (回廊のある家) プロジェクト (2014-2015)」は、家の中心にリビングルームを配置して、その周りに回廊を設け、さらにその外側に各個室や水回り、テラスなどを配置する3重の入れ子状になった計画である。吹抜けのリビングは、1階では回廊、ダイニングキッチン、玄関、2階では回廊、子供部屋、階段とつながっており、一体的な空間である。

この設計空間で、空調がどの程度可能なのか、どのような温度・風量分布になるのかを検証する必要がある。エアコンは、1階の回廊とキッチン、2階の回廊と子供部屋に計画してある。CFD (計算流体力学) ソフトを用いて、室内温熱・空気環境をシミュレーションした結果、冬の暖房時に暖気がリビングの吹抜を上昇し、階段を通じて冷たい下降気流が発生することがわかった。階段と回廊を遮るドアを設けて再びCFD解析した結果、下降気流が抑制されて温熱環境の改善が確認できた。

建物の外形は、CFDソフト上ではワイヤーフレイ

ム表示されており、施主は建築空間と温熱環境の関係が直感的にわかりづらい。そのため、CFD解析結果をVRで表示しようと試みた。しかし、解析結果 (風の向きや強さ、温度分布など) をCFDソフトから3D出力することができない。そのため、CFD解析画面をスクリーンショットにより画像化したものをVR上でテクスチャマッピングして表現した (図2左)。

プロジェクトの後、CFD解析結果をVR空間内へ3Dデータで取り込めるためのワークフローを検討した。既に、BIMモデルから幾何形状のメッシュ化とCFDシミュレーションに必要な属性情報の抽出、CFD解析、VR上でCFD結果を表示するパイプラインを構築した。さらに、VRだけでなく、MRでも出力可能としている (図2右)。

MR景観シミュレータ

MRの使い方のひとつとして、建設前後の景観を現場でシミュレーションすることが期待されている。そのため、屋外、実物大スケールで正確に位置合わせできるMRシステムをゲームエンジン上に開発している。地上でタブレットやHMDを用いたMRユーザー目線からのシミュレーションのみならず、ドローンによる空中からのシミュレーションも想定している。さらに、視覚環境の定量化を図るべく、視野の中に占める緑の割合 (緑視率) を自動的に測定できるシステムをMRシステムと統合して、建設前後の環境変化を見たと数値情報により検討できるシ

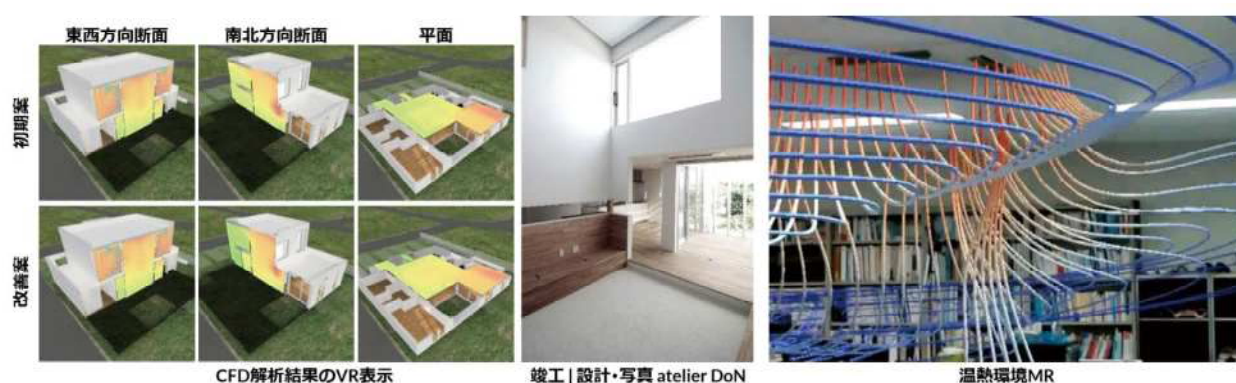


図2 温熱環境 VR・MR

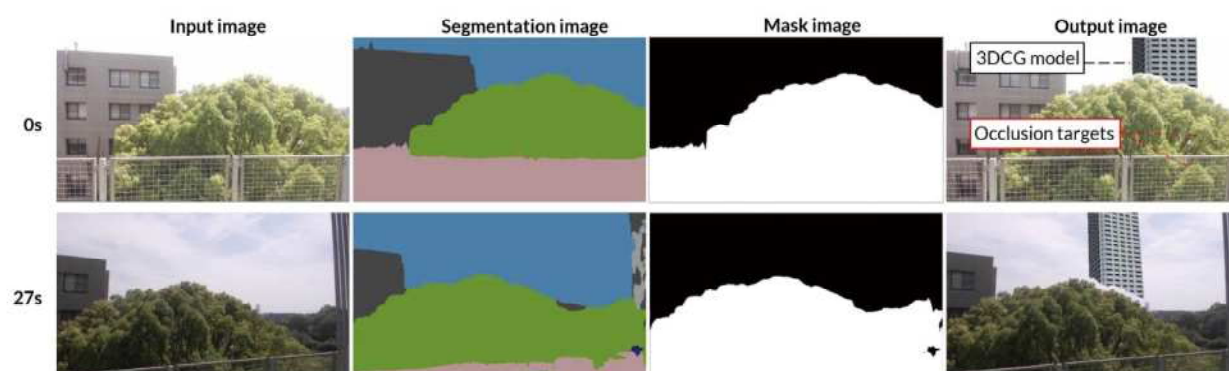


図3 動的オクルージョンを含むMR景観シミュレータ

システムを開発中である。

MRでは通常、現実世界の映像の手前に設計対象となる三次元モデルを重ねて表示する。そのため、三次元モデルのさらに手前に現実世界や実物体を表現すべき場合には不正確な表現となってしまう。三次元モデルを実物体の背後に隠すための技術はオクルージョンと呼ばれ、筆者らはまず三次元モデルの手前に存在する実物体の三次元モデルをSfM技術（多視点画像からの三次元形状復元。フォトグラメトリとも）を用いて事前に作成し、MRカメラから眺めた時にその三次元モデルがある領域は実写映像をレンダリングすることでオクルージョンを実現した。

しかしこの方法は、MR実行時に事前準備した三次元モデルから変化した実物体に対してオクルージョンできない。例えば、MR実行時に風で揺れる樹木、画面内に突然現れる人や車などである。そのため、オクルージョンを行う実物体をMR実行時にリアルタイム抽出する機能が必要である（動的オクルージョン）。そのため、深層学習によるセマンティックセグメンテーション（画像の各ピクセルを樹木

や人などのカテゴリラベルに関連付け）技術をMRに統合したシステムを開発中である（図3）。尚、このセマンティックセグメンテーション技術は、上述した緑視率や天空率などの自動計算へも応用できる。

おわりに

本稿では、都市・建築設計分野におけるVR・MRの取組みを紹介した。VR・MRはリアルタイム処理が基本であるものの、扱うデータ量や粒度によっては、実現できていない対象はまだ多い。また、デジタルデータで扱うならば全てのシステム同士でデータ交換が簡単にできそうに思われがちだが、ファイルフォーマットやソフトのバージョンの整合性などの課題はつきまとう。

都市・建築設計とコンピュータに関する学術分野にCAAD（Computer-Aided Architectural Design）がある。アジア・オセアニア地域が会場となるCAADRIA学会で出版された論文のタイトルとアブストラクトに使用された用語を調査すると、VRは

1990年代から出現している。MRは近年増加傾向であり、応用対象や他の技術との融合は拡がりをみせている。

ひとつのシステムを開発し、環境デザインプロジェクトに適用するたびに、新たな問題と可能性が見つかるように思える。この分野を大事に育てていきたい。

最後に、本稿に関わる全ての共同研究者・実務者・学生に感謝申し上げたい。

参考文献

- 1) Zeltzer, D, 1992. Autonomy, Interaction, and Presence, Presence, Vol. 1, pp. 127-132.
- 2) Milgram, P. and Kishino, F., 1994. A taxonomy of mixed reality visual displays, IEICE Trans. Inf. and Syst., Vol. E77-D, No.12., pp.1321-1329.

