MR 空間の経験に基づく設計対象の関係性の認知

建築設計における創造的プロセスを支える対話ツールとしての VR に関する研究(その2)

PERCEPTION OF RELATIONSHIPS BETWEEN DESIGN OBJECTS BASED
ON THE EXPERIENCE IN MR SPACE

A Study on VR as a dialogical tool supporting the creative process in architectural design Part 2

石田 康平^{*1}, 千葉 学^{*2}, 田中 義之^{*3}, 酒谷 粹将^{*4}*Kohei ISHIDA, Manabu CHIBA, Yoshiyuki TANAKA
and Suisho SAKATANI*

This paper aims to clarify the value of Mixed Reality (MR) in the design process. Firstly, we conducted design experiments using MR, where architectural students participated. Second, we analyze the design process with reference to some considerations regarding the recognition of relationships. As a result, the effectiveness of MR was recognized as a tool to facilitate the consideration of design proposals without strictly setting the frame in the design tool, and to facilitate the discovery of tacit knowledge of the site through the interaction between physical behavior and the environment.

Keywords: *relationship, MR, dialogue, design process*

関係性, MR, 対話, 設計プロセス

1.はじめに

1.1 研究の背景と目的

一般に建築設計においては設計の対象となる敷地やその周辺エリアの既存の要素と新設部分との関係性を考慮しながら設計を行っていくことが求められる。すなわち人工物単体だけでなく、人工物とその周辺環境との関係性を対象とする「関係性のデザイン」を展開していくことが求められる。昨今の空き家問題やリノベーションの実践事例の増加にもみえてとれるように、大量生産・大量消費の時代を経て人工物が飽和した現代の都市においては、こうした関係性のデザインがより重要になるだろう¹⁾。

一方、建築設計において設計者は図面や模型等を手掛かりに、目の前には実在しない未知の空間を想像しながら設計を進めなければならないのであるが、そこでは敷地や周辺環境も含めた多様な要素から発生する状況を精緻にイメージしながら設計に取り組む必要があり、要素単体についての扱い以上にその要素間の関係性の把握には設計者としての高い専門的スキルが求められるだろう。こうしたなかで、既存の空間と新たに構築する空間とを重ね合わせて一体的に体験し、更にはその具体的なイメージを他者と共有しながら、より新しい空間を対話的に検討できるツールには、関係性を捉える設計

思考の展開に対する大きな効果が期待できるだろう。

ここで近年急速に発展しつつある MR (Mixed Reality) の技術を上記のような設計ツールとして活用することを試みたい。MR とはシースルー型のゴーグル (See-through Head Mounted Display、STHMD) を用いて、デジタルモデルをまるで本当にそこに存在するように現実世界を重ねて表示できる技術である。以前は大掛かりなツールを用いなければこうした技術の活用は困難であったが、近年さまざまな MR デバイスが発売され一般に普及するとともに低価格化が実現されており、具体的な空間を対象とする建築設計においても MR の活用は今後さらに盛んになることが見込まれる。

本研究では設計プロセスの初期段階における MR の活用に注目し、MR 空間の理論的な枠組みを整理しつつ、MR を用いた設計実験を行い、そこでの設計主体間の対話や設計の展開の仕方に対して考察を加えていくことで、MR を用いた設計ツールによって得られる空間の経験が設計プロセスに与える影響を、特に設計対象となる空間の関係性の観点から明らかにしていくことを目的とする。

1.2 既往研究と本稿の位置づけ

建築設計での MR の活用に注目した研究はウェブブラウザやディスプレイ上で 3D モデルを扱う非没入型の MR を扱った研究と、

^{*1} 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 博士課程^{*2} 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 教授・工修^{*3} 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 助教・修士(環境学)^{*4} 関東学院大学建築・環境学部建築・環境学科
専任講師・博士(工学)

Doctor Student, Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, The University of Tokyo

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, The University of Tokyo, M.Eng.

Assist. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, The University of Tokyo, M.Env.

Lect., Dept. of Architecture and Environmental Design, College of Architecture and Environmental Design, Kanto Gakuin University, Dr.Eng.

STHMD などを用いて MR 空間を経験する没入型の MR を扱う研究に大きく分けられる。

非没入型の MR を用いた研究としては GIS と連携させ位置座標に連動した MR を建築の外観検討に活用した Yan²⁾らによる研究や、模型にデジタルなマテリアルを重ねて表示することで建築外観の検討を行った中林³⁾による研究、模型に周辺街区などのデジタル情報を重ねてプロジェクションし都市空間を検討した石井⁴⁾による研究、物理的な模型の形状をカメラで認識して都市分析などのシミュレーションを行い、その結果を投影することでインタラクティブな設計検討とフィードバックのプロセスを可能にするツールを開発した Noyman⁵⁾による研究、模型に設計のダイアグラムやスケッチを投影し、多面的に設計を進めていくことを可能にする支援システムを提案した Son⁶⁾による研究などがある。

建築領域における没入型 MR の活用注目した研究としては、VR や AR、BIM、CFD などの異なる技術を統合したツールを開発し、それを住宅設計のプロセスで活用してみることを通してツールの有効性を検証した福田⁷⁾による研究や、デジタルカメラで撮影した映像と VR の 3D モデルをあらかじめ合成し MR 空間を体験できるツールを開発した小野⁸⁾による研究などがあり、没入型および非没入型 MR の活用を狙った研究においては実践的な MR ツールの開発とその評価を行う研究がいくつか見受けられる。

一方で、そうした技術の活用がなぜ設計プロセスに有効にはたらくのかを本質的に議論して検証する研究は多くなく、本研究では具体的な設計ツールの開発を行いつつ、没入型 MR を通した空間の経験が有する設計ツールとしての特性に焦点を絞り、特に MR を通して認識される設計対象の要素同士の関係性の概念に着目して空間理論に基づく枠組みを整理し、その中で MR を通した空間の経験を捉えつつ、MR 空間の経験が設計プロセスに与える影響についての理解を深めることを目指すものである。

1.3 研究の方法

本研究では、建築設計の専門家と非専門家がそのプロセスを共有しながら設計を進めていくという一般的な建築設計の場面、特に設計内容の大枠を検討するプロジェクトの初期段階を想定し、そうした場面での MR の活用に着目すべく、「設計者」と「ユーザー」^{注1)}を想定した2人の被験者（前者は建築系を専攻とし、後者は非建築系の専攻とする）をペアとした設計実験を行う^{注2)}。

またこの実験では、複雑な空間認識を必要とせず、より自然に MR を活用できる外部空間において設計案と周辺環境のさまざまな要素との関係性に対する設計主体からの思考の在り方を捉えるという狙いのもと、東京大学本郷キャンパスにある工学部一号館の前の広場の一部を敷地として(Fig.1)、広場を利用する人々のための休憩所を設計者役の被験者とユーザー役の被験者が協働して設計していくという実験条件を設定し^{注3)}、設計者とユーザーが互いに意見を出し合い設計案を作成し、エスキスを通して案を改善していくという模擬的な設計のプロセスを実施する。エスキスは実際に敷地に赴いて実施し、図面、模型という従来の設計ツールに加え、STHMD を設計ツールとして用いる。

本論文の構成として、まず2章で既往の VR 空間の経験に関する理論を参照しつつ MR を通した空間の経験についての理論的枠組みを整理し、3章では分析の対象となる設計事例を得るために設計実

験を行う。4章では設計実験から得られた設計中の設計者とユーザーの対話における発話プロトコルおよび MR 空間における移動や視線の動きなどの記録を対象に設計プロセスの分析を行い、2章で整理した枠組みをふまえながら MR を通した空間の経験が設計プロセスに与える影響について考察しつつ、MR を用いた設計の特徴的なプロセスを具体的な事例と共に示す。最後に5章で結論を述べる。

Fig.1 The site area in the University of Tokyo

Fig.2 Scene of the design experiment

2. MR を通した建築空間の経験

2.1 MR という概念の定義

そもそも MR という概念は、実空間にデジタル情報を重ねる概念として 1993 年に S.フェイナ⁹⁾により提唱された AR (Augmented Reality) という概念を踏まえ、実空間にデジタル情報を重ねるのみならずデジタル世界に実世界の要素を持ち込む AV (Augmented Virtuality) とともに、実世界の情報とデジタルに構成される情報の重ね合わせを連続的に捉えた概念として 1994 年に P.ミルグラム¹⁰⁾によって提唱された(Fig.3)。

Fig.3 The diagram of concept of MR

横矢¹¹⁾によれば MR とは「現実世界と仮想世界を継ぎ目なく融合して人間に提示する技術の総称」であり、一般的に MR は現実の空間にデジタル情報を重ねる技術およびその思想を指す。

そうした背景を踏まえつつ、廣瀬・館¹²⁾はユーザーが閉じたバーチャル世界に入り込む体験とそのための技術を「狭義の VR」とし、現実と仮想的な世界が混合した状態である MR もまた VR の一部であるとした。

著者らは拙稿¹³⁾において館らの定義を参照し、身体を介した空間の経験と移動を通した空間理解という2つの観点から VR 空間の経験に関する理論的考察を行ったのであるが、本研究で用いる STHMD もまた理想的な VR システムの条件を満たすツールであると考えられ、VR 空間の経験に関する理論的考察は本稿における MR の考察においても有効であると考えられる。そこで拙稿における VR 空間の経験に関する理論的考察を参照しつつ今回の実験結果に対する考察をすすめていくこととする。

2.2 実空間の多様な情報も包含する空間の経験の特性

拙稿において筆者らは VR を通して空間の経験を実現するうえで

ゴーグル型のデバイスである HMD（Head Mounted Display）による視覚的な効果に注目した。すなわち HMD という視覚的なメディアによってもたらされる経験と実際の空間の経験との差異について論じ、視覚的な効果によってもたらされる空間の経験を、設計プロセスに大きな影響を与えるものとして捉えた。

今回実験で用いた STHMD を通して経験される MR 空間において表示される情報も、設計案の対象そのものは視覚的な情報が主である。一方で、大黒¹⁴⁾は狭義の VR の経験が HMD などの技術により提示される情報に強く依拠することを指摘したうえで、狭義の VR と異なる MR の特性として、MR 技術によって表示される情報はそれ自体では未完結であり、周辺環境が有する情報による補完を必要とする文脈依存性を有することを指摘している。こうした指摘に鑑みれば MR 空間の経験の特性として、デバイスにより提示される視覚的な情報以外にも MR 空間には匂いや音、風、温度などといった実空間に存在する視覚以外の要素が無限に存在し視覚情報と一体的に利用者に経験されるという点に目が向けられよう。

マイケル・ポランニー¹⁵⁾は 2 段階のモデルで人の認識を理解しており、人はまずそこに存在する個々の要素を感知しそれらを統合することで一体的な世界を知覚するのではなく、むしろ諸要素が統合された状態を先に知覚しそこから個々の要素をとらえていることを指摘した。すなわち個々の諸要素を認識する前提となる統合的な状態が異なれば、それぞれの諸要素は異なる意味で了解されることが推察される。MR 空間が視覚要素と多くの視覚以外の要素によって構成される統合的な状態であることに鑑みると、要素の増加が関係性のバリエーションを増やすのみならず、そうした関係性によって構成される総体としての空間の経験の変化に伴って個々の要素の意味にも変化が発生しうらうだろう。このような MR 空間での設計のプロセスにおいては、議論が思わぬ方向に展開され、新しい発想が促されたり、独自の視点やフレーム^{注4)}が生み出されていったりする可能性が期待できよう。

「関係性のデザイン」を促すツールという観点から MR を捉えるとき、設計対象と周辺の環境を一体的に検討できることに加え、音や匂いといった視覚以外の情報が生み出す関係性のバリエーションとそこから生まれうる実空間および設計対象に対する新しい認識の獲得を可能にすることで創造的な設計の展開を導く MR の可能性が浮かび上がってくるだろう。

次章では設計実験を行い、4 章で上記の考察をふまえながら設計実験で得られた事例の分析を行っていくことで MR 空間の経験が設計プロセスに与える影響についてその具体的な内容を提示していく。

3. 設計実験の実施

3.1 実験の手順

建築学を専攻する被験者を「設計者」、他専攻の被験者を設計された空間を実際に利用する「ユーザー」として 1 つのペアとし、広場に休憩所を設計する設計実験を実施する^{注5)}。実験は各回 30 分の計 3 回のエスキスで構成され、設計ツールの使用に関して 2 つのパターンに沿った計 6 組のペアを対象に実験を行う。

第 1 回目のエスキスにおいては、ペアはともに実際の敷地を歩き回り、その場で議論を行いながら設計案およびそのスケッチを作成する。第 2 回目のエスキスにおいては図面と模型もしくは図面と模

型及び MR というあらかじめ実験実施者から指定された設計ツールを用いて敷地でエスキスを行い、設計案に対して修正を加える。第 3 回目には第 2 回目のエスキスで用いた設計ツールに加えて MR を用いてエスキスを行う。第 2 回目のエスキスで MR を用いたペアでは、第 2 回目のエスキスと第 3 回目のエスキスで同様のツールを用いる^{注6)}。

今回の実験では MR デバイスは 1 台のみ用いることとし、適宜設計者とユーザーの間で交代しながら空間を経験した。

各ペアのエスキスの中で使用した設計ツールは Table 1 の通りである^{注7)}^{注8)}。また、各回の実験の後には、設計案の内容と実験の感想について尋ねる簡易なインタビューを行った。

Table 1 Design tools in each esquisse

		1 st	2 nd		3 rd	
		Sketch スケッチ	Drawing and Model 図面および模型	MR	Drawing and Model 図面および模型	MR
Pair	1~3	●	●	●	●	●
	4~6	●	●		●	●

3.2 没入型 MR を用いた設計ツール

ここでは本研究で用いた MR ツールの構成について述べる。まずエスキスをもとに作成した設計案の 3 次元モデルをモデリングツールである Rhinoceros を用いて作成する。そのうえで Unity Technologies 社が開発したゲームエンジンである Unity を用いて Microsoft 社が発売している STHMD である Hololens で動作するプログラムを開発し、Hololens にインストールする。プログラムはおおよその機能のテンプレートを用意したうえで、ペアごとに個別にプログラムをデバッグした。

プログラムは MR モデルを実空間に配置して日常での空間の体験に近い形で設計案と周辺環境が一体となった状態を経験するためのものであり、具体的な構成としては Hololens のカメラを用いて周辺空間をスキャンして把握しつつそこに 3D モデルを配置する機能を実装したうえで、配置された 3D モデルの角度や位置を手動で微調整できる機能を実装した。

このプログラムを実験前に Hololens にインストールし、現地で起動して 3D モデルの配置とセットアップを実験者が行ったのち (Fig.4)、Hololens を設計者とユーザーに装着してもらい 3D モデルと敷地が一体的になった MR 空間を被験者に体験してもらった^{注9)}。

以上のようなプログラムの構築によって、STHMD の映像は被験者の動きに追従して変化し、被験者は歩き回って設計案の内部空間に入り込んだり、首を振って見まわしたりしながら、設計案が配置された MR 空間を経験することができる。

Fig. 4 The experiment preparation procedure

3.3 設計実験の結果の概要

ここで2人×6ペアの被験者による設計実験の結果をまとめる。

第1ペア

第1回目のエスキスで敷地の植栽にそって2つの曲線を描くベンチを配置する案が作成された。ベンチの1つはイチョウの木の根元に配置され、第2回目のエスキスでは敷地に銀杏がたくさん落ちていたことを踏まえてそのベンチの上に屋根が設置された。第3回目のエスキスでは設計案の寸法や形状に微調整が加えられ、2つのベンチの間には飛び石が配置された。

Fig. 5 The MR view of the design in 2nd esquisse (Pair1)

Fig. 6 The MR view of the design in 3rd esquisse (Pair1)

第2ペア

第1回目のエスキスでは、大学を訪れる人々が議論を行うための小屋が、植栽がないスペースに設計された。第2回目のエスキスでは想定よりも小屋が周辺に調和しないことをうけて、長方形の平面から円形の平面へと設計が変更され、小屋の周囲にフレーム型のベンチが配置された。第3回目のエスキスでは小屋の内部の床の高さに変化をつけベンチの形状の変更を行うことで利用者がより使いやすい休憩スペースにすることを狙った設計変更が行われた。

Fig. 7 The MR view of the design in 2nd esquisse (Pair2)

Fig. 8 The MR view of the design in 3rd esquisse (Pair2)

第3ペア

第1回目のエスキスではツリーハウスの空間と、地面と接した空間という2つの立体からなる空間が構想された。第2回目のエスキスでは2つの空間がそれぞれ独立してしまうという設計案の印象が共有され、ツリーハウスの空間、地面と接地した空間、その中間をつなぐ空間という3つのボリュームを横断するようなテントの屋根が設計された。第3回目のエスキスでは壁の仕上げや柱の太さ、階段の位置の変更や追加といった微調整が加えられた。

Fig. 9 The MR view of the design in 2nd esquisse (Pair3)

Fig. 10 The MR view of the design in 3rd esquisse (Pair3)

第4ペア

第1回目のエスキスでは周辺の植栽に合わせて3つの曲面形状のベンチがデザインされた。そのベンチにはすべて同じ高さの背もたれが設置された。第2回目のエスキスでは図面と模型のみを用いて検討が行われ、当初の想定よりも立体的な魅力が不足してしまっていることを確認し、座面に設置した背もたれの高さに変化をつける設計案が作成された。第3回目のエスキスではMRを用いて検討が行われ、ベンチの形状や配置、幅や高さおよびルーバー型の背もたれの幅や高さ、形状といった要素が詳細に検討された。

Fig. 11 The model of the design in 2nd esquisse (Pair4)

Fig. 12 The MR view of the design in 3rd esquisse (Pair4)

第5ペア

第1回目のエスキスでは、おにぎりを販売する業者が利用する小屋が設計されるとともに、その周辺に植栽の配置に合わせて4つのベンチが設計された。第2回目の模型を用いたエスキスでは小屋の内部のテーブルや開口の位置が改められるとともに、ベンチを支える部材の形状の変更などディテールの検討と設計変更が行われた。第3回目のエスキスではベンチの配置の間隔の微調整や小屋の壁の仕上げの変更など引き続き詳細な検討と設計変更が行われた。

Fig. 13 The model of the design in 2nd esquisse (Pair5)

Fig. 14 The MR view of the design in 3rd esquisse (Pair5)

第6ペア

第1回目のエスキスでは周辺の眺めを楽しむための広い開口と台形の平面をもつ設計案が作成された。第2回目のエスキスでは模型での検討を通して設計案の外観が周囲に対して違和感を与えることを2人で確認し、屋根をフラット屋根から大きくカーブした形状へ変化させつつ開口の位置と大きさを変更し、さらに内部に通路を作った。第3回目のエスキスではMRを用いて詳細な寸法や形状が変更され、設計案の床がなくなり敷地と地続きとなる案になった。

Fig. 15 The model of the design in 2nd esquisse (Pair6)

Fig. 16 The MR view of the design in 3rd esquisse (Pair6)

4. MR 空間の経験と設計対象の関係性

設計実験では、設計した空間を実際に体感できることでより詳細に設計案の寸法の検討が行われたり、空間の形状やマテリアルなどの設計案の諸要素に対して直感的な議論が展開されたりするといった様子がどのペアにおいても多くみられた。

こうした結果は設計案の検討プロセスにおける MR 空間の経験の有用性を十分に示すものと考えられるが、本章では特に、MR 空間の経験を通してそれぞれの設計主体が設計対象や周囲の諸要素間の様々な関係性への気付きを得るうえで特徴的な場面に着目して、詳細に考察を加えていく。

4.1 MR 空間内の視覚的情報を起点とした関係性の認知

4.1.1 既存の環境に対するフレームとなる MR 空間内の設計対象

ここではまず、STHMD によって可視化された設計対象とその背景となる周辺環境とのあいだで構成される関係性を起点として様々な議論の発展がみられた事例として、第 6 ペアの議論を取り上げる。

第 6 ペアでは第 2 エスキスにおいて大きな板がアーチ状に屋根と壁を形成する設計案が作成された。壁と屋根には様々なサイズの穴があいており、そこには利用者が周辺の空間を眺めることができるようにする意図が込められていた (Fig.17)。

Fig.17 View from inside the designed space in 3rd esquisse (Pair6)

第 3 エスキス (Table 2) では MR を用いて検討が行われ、内部から穴越しにみたときの周辺空間の見え方が議論の対象となった。設計主体らは設計案の空間内に入り込み、穴の位置やサイズ、形状の検討を行った。ここでは特に小さな穴から見える灯籠が注目された。周辺に存在した灯籠を窓で切り取って眺められるというアイデアを 2 人は気に入り、灯籠と設計案の穴の関係性から生じる魅力的な雰囲気を感じ取り、灯籠と設計案の穴の関係性から生じる魅力的な雰囲気を設計に取り込むように議論が展開された (Fig.17、右端)。

その後 2 人は外部からも設計対象やその壁の穴を眺め、アーチを棒材で構成する案や、アーチの壁にさまざまな形状の穴をあける案を検討したが、そこでも灯籠の眺めを穴によって切り取ることが、設計対象と周辺空間によって織りなされる体験を魅力的にするアイデアとして重視され、その方針で設計案が作成された。

上記の事例ではむしろ新たに加えられた設計対象の穴によって風景の一部が切り取られ、そのことで浮かび上がってきた灯籠という既存の空間の要素と設計対象の関係性が認知され、そこから新しいアイデアについての議論が展開される様子が見てとれる。

MR を用いて設計の検討を行うことは、既存の空間に設計対象を重ね合わせ、より多くの情報の下で総合的に設計の内容を評価できることに結び付き、という認識は自然な MR ツールの見方といえるだろうが、一方で追加された情報自体が既存の環境を捉えるための新たなフレームとなり、そこで発見された周辺環境の要素やその関係性に新たな意味を生成しつつ設計を展開させるツールとしての MR の可能性をこの事例から見てとることができるだろう。

Table 2 Discussion on the Hole in the Wall in 3rd esquisse(Pair6)

Time	Speaker	Protocol
3:54	Designer	It is so easy to see the view when you look through the hole. 穴から見える景色とかめっちゃわかりやすいね。
3:56	User	Exactly. ね、みえるね。
4:03	User	I do not know if this whole could be a bit bigger, I do not know. In terms of the scenery, I wonder if the hole should be bigger so that I can see the scenery from this side. Now, you can only see the tree trunks from here. ここぐらいもうちょっと大きくてもいいのかなどうなんだろう。あ、でもこれあれかな。風景的にはさ、穴開ける場所をさ、わりとこっち側が見えるようにみたいにしたほうがいいのかな。こことか覗いても木の幹だみたいな感じだもんね。
4:26	Designer	Yeah. How about this side? うんうん。こっちはどうですか？
4:30	User	I would like to drill a hole so that you can see the lanterns. あれだね。灯籠のところに開けてみたいよね。
4:32	Designer	Here? ここに？
4:34	User	It just exudes an air of serenity. ちょうど怪しげな空気を出して。
4:36	Designer	Garden-like. 庭っぽい。
中略		
19:36	Designer	With this number of holes, it is hard to see inside. 結構この穴の量だとさ、中が見えないね。
19:38	User	Right. We make it larger. うん。なんかもっと大きくするかな。
19:41	Designer	It would be nice to have a few more holes. もっとドンとあいててもいいのかもね。
19:42	User	How about making big one here so that you can see the inside. 一個だけこっちとかにすごい大きいのは開けていて、なんか見えるようになっていとか。
19:48	Designer	Mm-hm. It would be nice to see inside. It would be nice to know if someone is there or not, right? うんうん。なんかみえたほうがいいよね。人がいるかどうかくらいはわかりたいもんね。
中略		
24:00	Designer	Should the hole be round? 穴は丸かねえ。
24:02	User	Hmmm, I do not know. Square or triangle? うーんどうなんだろう。四角とか三角とか何があるかな。
24:18	User	Maybe open a lot of thin rectangles? なんか細い長方形でいっぱい開けるとか？
24:20	Designer	Hmmm. うーん。
24:24	User	It is going to seem a bit stylish. ちょっとシュッとした感じにはなりそう。
24:26	Designer	This will somehow change the way you see things over there. そうするとなんか向こうの見え方が変わりそう。
24:28	User	Yes, it is true that the shapes seen from the other side seem to change at the places where the gaps overlap. うんそうだね、確かになんかあいてるところと重なっているところで、向こうから見える形が。
24:37	Designer	Maybe it could be something with thin sticks lined up or something. 細い棒とかが並んでいるとかでもいいのかもね。
24:41	User	Thin stick? 細い棒？
24:45	Designer	It is like a thin arch. 細い板じゃなくて、細いアーチみたいなのが。
24:47	User	Oh, good, good. It is like there are places that are open and places that are not open. あーいいいいね。そっか隙間とかってあれかな全部棒状に立っているんじゃないって、あいてるところとあいてないところがあるみたいだね。
24:56	Designer	Yes. That would be fine うんうん。でもいいかもね。
25:00	User	Exactly. 確かに。
25:06	User	The sun makes here bright. On a sunny day, you can bask in the sun. 今あれあれかもね。日の光で結構明るい状態に。晴れている日は日向ぼっこができるかもしれない。そうか。
25:16	Designer	It is also interesting to see the lanterns through the hole. 穴開けて灯籠とかが切り取られるのも面白い。

4.1.2 想定外の領域に認識の幅を拓げるリフレームの可能性

さらに MR 空間における視覚的な情報が設計プロセスに影響を及ぼした事例として、第 2 ペアの設計における休憩所の形態と配置に関する議論のプロセスを取り上げる。

同ペアの第 1 回目のエスキスでは敷地に四角形の小屋が設計され、第 2 回目のエスキスにおいては MR を用いてその検証が行われた (Table 3)。設計者とユーザーは小屋の中に入ったり、小屋の後ろにまわったりしながらその案を評価することを通して、小屋がもつ威

Table 3 Discussion about the hut in 2nd esquisse (Pair2)		
Time	Speaker	Protocol
9:05	User	Well, I feel like the hut is disturbing the street atmosphere. なんだろう、この通りを邪魔している感がなんかあるのかなって。
9:22	Designer	The hut is not very open. あんまりオープンじゃないっていうか。
9:25	User	Certainly. そうですね。
9:27	Designer	The hut has a strong impression as a lump. けっこう、塊でおいてあるかんじ。
9:30	User	I want to make the hut a little more open. wall? Is it because of the wall? もうちょっとオープンにしたいですね。壁? 壁なのかなこれは。
10:15	User	Also, it is easier to grasp the image if you look at the hut from a distance. なんか、あとこの…これ遠くから見た方がわかりやすいですね。
10:27	Designer	Oh, yes. It seems big. ああ、ほんとだ。なんか、けっこうおっきいですね。
10:49	User	Yeah, it is big. The image obtained from the model and the image obtained from Hololens are quite different. そうなんですね。けっこう大きくて。模型で見ると、Hololens でみるとだいぶんなんか、違う。
11:14	Designer	When you look at the model, the hut looks cute. 模型で見るとかわいい感じがするけど。
11:18	User	It seems to have a lot of pressure. けっこうどんっときますよね。
11:19	Designer	Yes. The height... or the shape? きますね。たかさが…。それかすごい四角でおいてあるからなのか。
11:30	User	Circle plan is better? なんか丸とかにしたほうがいいんですね、これって。
11:34	Designer	The square plan has a distinct boundary. なんか四角にすると、ピシッと、境界というか、わかれちゃう。
11:42	User	Circle plan, and, white material with a sense of omission. 丸で、もっと、しろとか、抜け感のある素材で。

中略		
28:56	User	I want to make it an open atmosphere. This site has a nice mix of squares and circles. オープンな感じにしたいのと、なんかここの場所って、すごい四角と丸が いい感じに混在しているじゃないですか。
29:08	Designer	Oh, yes. うーん、そうですね。
29:10	User	This straight line is gathered in a circle, like that. So is it good to use a circle? でもこの直線の中に、なんか、輪になって集まってますよね、あそこだ ったり。だからなんか、輪なかんじがいいんですね。
29:19	Designer	Exactly. たしかに。

中略		
32:00	User	Something (while looking at the rotary), if (the bench) is parallel here (to the edge of the rotary). (ロータリーを眺めながら) なんか、(ベンチが) ここに (ロータリーの縁に) 平行にあれば。
32:04	Designer	Yeah. ああ。
32:07	User	In that way, the plan will be more conscious of this rotary space. もっとこっちの空間を、意識したようなつくりになるから。
32:10	Designer	Exactly. As same as this. たしかに。これと同じ感じで。
32:17	User	How about placing the bench along the shape of the arc? アールで、やるとかどうでしょう。

圧感に対し違和感を覚え、素材や高さ、形状など設計案の様々な要素を見直した。円と長方形の比較という設計案の平面形状について議論を進める中で、ユーザーは敷地の周辺にあるロータリーの曲線とその他の経路の直線によって構成される広場のランドスケープのバランスの良さを指摘した (Fig.18)。すなわち設計案への違和感を起点として敷地に調和をもたらししている要因としての円と直線のバランスという設計対象よりもずっと大きなスケールの既存空間の幾何学的特徴を発見したのであるが、2 人はそのことを設計案に反映して円形の平面形状を持った小屋を考案した。また小屋の周辺に設計されたベンチも敷地の幾何学的特徴に配慮して巨大な円弧に沿って配置された。第 3 回目のエスキスにおいては、まず設計者とユーザーは①地点から休憩所とベンチを眺めつつ議論を始めた (Table 4, Fig.18)。2 人は新たな案に魅力を感じ、配置したベンチの高さや形状について様々な使い方を想定しつつ詳細な検討を行った。その後 2 人は②地点に移動したが、そこから設計対象を眺めてみると、フレーム型のベンチがどれもロータリーの中央にあるイチョウの木を向くように配置されておりそこは敷地の魅力を楽しむためのビュースポットとなっているという思わぬ設計案の良さを発見した。ここでは、それまで思考の範囲外となっていたイチョウの木に対して意識が向けられるようになっていく様子が見えてくる。

上記の事例では、設計の変更が設計案と周辺環境との関係性に与える影響を探究するように、MR を活用しながらインタラクティブに仮説の検証と構築を行き来する設計プロセスが展開されている。

一般に設計対象となる建築とその周辺環境との関係性について検討する際に模型や VR といった設計ツールを用いる場合には、その周辺環境をどれぐらい広い範囲に設定するか、もしくはどれぐらい詳細に忠実に表現するかといったツールにおけるフレームの設定を考える必要が出てくる。上記の事例においては、ツールのフレームを厳密に設定せずとも、設計者とユーザーは敷地の多様な情報を扱いつつ柔軟にリフレームを展開しており、このことから当初は考えもしなかった領域にまで認識や思考の対象が拓げられながら設計が展開されていたと見る事ができるだろう。

Table 4 Discussion about the gap in 3rd esquisse (Pair2)		
Time	Speaker	Protocol
23:35	User	Can I view the design model from the other side? これで見ると結構・・・ちょっと一瞬向こう側からみてもいいですか？
24:20	User	Oh. I really like this atmosphere. From here, you can see the sunbeams under the trees in the forehead. おー。えー！結構、俺は結構好きです、これ、こんなかんじ。こっちらみるとちょうど木の間の下の、木漏れ日が額のなかにくるかんじ。
24:48	Designer	Yeah, it is really nice to see from here. ああ、あ、たしかに。こっちらみると、すごいいいですねたしかに。
24:52	User	Exactly. It looks meaningful. こっちらみるとすごいいいですね、意味ありげな感じに。
24:56	Designer	Exactly. たしかに。
25:04	User	This is it. This looks like a camera frame. で、たぶん、こいつですかね。こいつがこうなって、額になってる。
25:10	Designer	Oh yes. It looks nice. ああ、たしかに。いい感じですね。
25:14	User	Nice. You can imagine a small child sitting here. いい感じです。でここにちっちゃい子が座っている。
25:20	Designer	Oh yes, it looks good that the child is sitting there. ああ、たしかに、そこに座ってたりしたら、いいかも。
25:21	User	Cool. かっこいい。

View of scene A シーンAのビュー View of scene B シーンBのビュー
Fig. 18 The movement of the user and the designer in the space

4.2 視覚的情報以外の要素を含む関係性の発見

4.2.1 総合的な空間の経験がもたらす認識の変化

前節では設計対象とその周辺環境の視覚的情報に基づく関係性を起点とする議論の展開を眺めたが、ここではさらに視覚以外の情報も含めた関係性に関する議論がみられた事例として第5ペアのベンチの材質に関する議論及び第1ペアの屋根に関する議論という2つの場面に注目する。

第5ペアでは第1エスキスにおいて休憩所を訪れる人々が休むためのベンチが設計され、その座面の材質は石とされた。第2エスキスでは第1エスキスと同様に敷地において模型と図面を用いて検討が行われたのであるが、座面の形状には変更が加えられたものの、そこで材質が問題とされることはなかった。

しかし、第3回目のエスキスにおいて設計者とユーザーは敷地にMRモデルを配置して検討を行い、モデルが配置された木の影でベンチについて議論を進める中で、石という材質が季節によっては冷たく感じられる可能性を指摘し、座面の材質を変更することを検討した。さらに周辺との色の関係性を考えて背もたれを異なる色の材質にすることなど、さまざまな代替案の検討が行われるに至った (Fig.19, Fig.20, Table 5)。

この場面では、実際の敷地にMRモデルを配置することを通して、設計者とユーザーがまず設計対象と木の影という視覚的な要素の関係性を認識したうえで、設計対象の素材の性質と温度という新たな関係性を見出し、その気付きをもとに設計の方向性を詳細に検討している様子がみてとれる。

またほかに類似の展開がみられた事例として第1ペアの議論に注目する。第1ペアでは、第1回目のエスキスにおいてベンチが設計され、それらはイチョウの木の根元に配置された。実験が行われた季節が秋であったために敷地の足元には大量の銀杏が落ちており、Table 6で示すように設計者とユーザーの間で銀杏が話題にのぼったが、特にここでは設計にその内容が反映されることはなかった。

Fig.19 The distant view of the designed bench

Fig.20 The view of the designed bench from nearby

Table 5 The discussion about the bench in 3rd esquisse (Pair 5)

Time	Speaker	Protocol
13:00	Designer	I wonder if that stone would be a good choice for the seat surface or not. I thought it would be too cold to sit on in the winter. 座面、石でいいのになっていう気もしてきたんだよね。冬座ると冷たいよねあと思って。
13:05	User	Yes. うんうん。
13:06	Designer	In winter, this area is in the shadows. でもなんかさ、冬だとかこけっこう影になっているからさ。
13:07	User	Yeah. うん。
13:10	Designer	I just thought for a minute that no one would be seated here. 誰もここでやらないなっていうのはちょっと思ったんだよね。
13:12	User	No. うん。
13:14	Designer	So, well, it is just for summer? I guess. だからまあ夏用でいいのか? と思いつつ。
13:15	User	Right. そうか。
13:18	Designer	That would be hot in summer? したら逆に暑いのかね。

中略

24:13	User	How about the stony texture of the bench.... あとは、石っぽい感じが...
24:24	Designer	Yes, it would be nice if it was a little more lighthearted than stony. そうだね、石っぽいよりもうちょっと軽やかな感じになるといいよね。
24:28	User	Yes, yes, I hope I fit in here. そうそうそう、ここになじむといいかな。
24:36	Designer	Right. What should I do? 確かに。どうしたらいいんだろうな。
25:01	User	How about the backrest, on the other hand, maybe a darker color or something. 背もたれは逆にもっと暗い色とかでもどうかな。
25:04	Designer	Oh, I see. Indeed. あーそういうことが確かに。

Table 6 User's opinion in 1st esquisse (Pair 1)

Time	Speaker	Protocol
19:33	User	Hmmm. I wonder if it is safe for a ginkgo to fall like this. うーん。銀杏がこう落ちてきて大丈夫かな。
19:34	Designer	It is true that if a ginkgo falls, it is pretty much... 確かに銀杏落ちたら結構...
19:36	User	I think it is inevitable that ginkgo will be nearby in this area. この辺は銀杏は避けられないと思う。
19:40	Designer	Indeed. しゃあないな確かに。どこもあるもんな。

第2エスキスにおいてはMRを用いて設計案を検証する中で周辺に銀杏が多く転がっていたことが改めて問題視された。MRを用いて敷地を歩き回らる中で、設計案に意識を向けるあまり設計主体が足元の銀杏を踏んでしまいそうになり足の置く位置を無理に変えたりしながら歩く様子がみられた。こうした中で、落下してきた銀杏がベンチに座っている人にぶつかることを避けるためにベンチの上に屋根が設置された。

屋根には、屋根に載った銀杏がおちないようにするための立ち上がりの板まで設計され (Fig.21)利用者が安心してくつろげることを狙って設計案が修正されていった。

第3回目のエスキスではこの屋根の幅が議論の対象とされ、ユーザーが屋根の奥行きをより長くすることを提案した。その指摘をうけ設計者は860mmの幅で設計されていた屋根を1100mmまで拡大するよう設計案を変更した (Fig.22, Fig.23)。

被験者らは実験後のインタビューにおいて、屋根の幅に関する設計の意図として、屋根の奥行きが短いと銀杏の落下に対する不安があったことについて話したが、このことから第1回目のエスキスで軽視されていた銀杏の存在が設計案を敷地に配置してみることを通してより強く危機感をもって理解されるようになっていく様子が見てとれるだろう。

銀杏への言及は他のペアにおいても複数みられ、特にMRデバイスを用いて設計案を眺めながら敷地を歩き回る際に銀杏を踏まないようにするという場面は繰り返しみられたが、第1ペアにおいては銀杏の存在の認識と同時に被験者らが様々な検討を行わなければならない設計対象へ意識を移したことで、銀杏が設計対象にどのような影響を与えるか、という設計対象と銀杏の関係性に目が向けられ、そこから自ずと銀杏の持つ具体的な特徴やそれに関わる諸要素に気づいた、という順で設計の思考が巡らされたと理解することができるのではないだろうか。

本節で示した2つの事例では、被験者らの認識の範囲にはMRを通した設計対象の視覚的な要素が追加されただけであるにも関わらず、周辺の空間に目に見えて存在する他の要素との関係性を辿ってその要素へと認識の焦点が移り、視覚的に捉えられるものに限らず上の事例でみた「石の温度」や「銀杏の匂い」のような様々な事柄へ思考の対象が広がっていくプロセスが確認できるだろう。

Fig.22 The depth of ceiling of the designed bench

Fig.23 Mixed reality view of the space

4.2.2 身体と空間のかかわりを起点とする暗黙知の発見

ここまでMRを通して視覚的な情報が重ねあわされた空間の体験を起点として、視覚では捉えられない設計対象の周囲のあらゆる要素やその複雑な関係性への気づきを得て、そこから新たな設計案が展開される事例をみてきた。本節ではさらにそのプロセスに設計主

体自身の行為^{注10)}が関わることで設計案についての議論が発展した事例として第4ペアの第3エスキスにおけるベンチの座面の高さに関する議論を取り上げる。

Fig.24 The view from the user angle in MR view

Fig.25 The soil texture and the designed bench

Table 7 User's opinion in 3rd esquisse (Pair 4)

Time	Speaker	Protocol
5:17	User	I still think the chair is low. 椅子がやっぱ低くなって。
5:18	Designer	Yes. ああ確かに。
5:19	User	The chair should be a little higher. もうちょっと高くてもいいかなって。
5:21	Designer	Ok. うん、確かに。
中略		
8:23	User	When sitting and eating, some people tend to hesitate on a low bench because they do not like the soil and grass atmosphere. こういう土とか草の場所だから、なんか座ってもの食べる時とか、低いの嫌っていう人いそうですよ。
8:26	Designer	Oh certainly, surely. Something seems to get mixed in with the meal. ああ確かに。確かに。なんか飛んできちゃいそうだし。

第4ペアの第1エスキスでは3つのベンチが配置され、それらの座面の高さは400mmに設定された。第2エスキスでは模型と図面を用いて議論が行われたがベンチの高さはほとんど問題視されなかった。第3エスキスではMRを用いてユーザーは敷地の実際の空間のなかで3Dモデルのベンチを眺め、ベンチの座面の低さを指摘した。そこではときにベンチに触れる動作をしたり、足元の地面の土を足で押して確かめたり、歩き回ったりしゃがんだりするなどのユーザーの行為がみられた。そしてユーザーは食事や休憩といったベンチ上で展開される様々な行為について話し、そうした行為を行う際に敷地の地面の剥き出しになった土のテクスチャが、生々しいものとして利用者に嫌がられる可能性を指摘した。すなわち土のテクスチャは立っているときは生々しくないが座ると生々しく感じられてしまうという敷地の要素が発見され、そうした発見を起点として設計案が修正され、高い座面に変更された (Fig.24, Fig.25, Table 7)。

ルーシー・サッチマン¹⁶⁾は、周辺の環境に依存し、状況と分かち難く結びついた行為の在り方について、「状況的行為」(situated action)という概念を用いて説明している。こうした状況論的な視点に立てば、設計主体による行為によって少なからずそこに関係するあらゆる状況がその主体の目の前に立ち現れてくるだろう。すなわちMRを通して既存の空間に重ねあわされた視覚的情報を起点とした設計主体の行為の発生が、視覚的に捉えられるものに限らない様々な周辺の要素の認知とその状況の把握に結び付くのである。その結果それが目に見えるものか否かに関わらずより広い範囲の空間の要素と設計対象との関係性を背景に、設計についての総合的な検討が可能になるものと考えられる^{注11)}。

5. 結論と今後の課題

本稿では、学生を対象に MR を設計ツールとして用いた設計実験を行った。そして MR 空間の経験についての理論的枠組みを整理しつつ実験で得られた設計プロセスの分析を行うことにより、MR を通して設計対象やその周辺を含む空間を経験することが設計プロセスに与える影響について考察を行った。その上で特に以下の2点において設計プロセスにおける MR の価値を確認した。

第一に、MR による空間の経験を通して、設計対象をその周辺の空間と一体的に捉えることができるだけでなく、MR によって既存の空間に重ねて表示された設計対象がその周辺の環境を捉えなおすフレームの形成に寄与し、それまでは認知していなかった空間の隠れた要素の発見につながるとともに、設計ツールの構築段階で対象を捉えるフレームを厳密に設定せずとも状況に応じて柔軟にリフレームを行いながら多面的に設計を検討・展開していくことができるツールとしての MR の可能性を指摘した。

第二に、MR を通して目に見える空間の要素やその関係性の発見を起点に、周辺の空間に存在する視覚的に捉えられない要素にも目を向けさせ、新たな関係性の発見を促すこと、そしてそこに設計主体による行為が加わることで、より広く、詳細に対象を捉えることで、多くの情報・条件の下で設計案の検討が可能になるという MR の有用性を指摘した。

同時に、設計プロセスで追加される情報は限定的である一方で、低コストかつインタラクティブに、具体的に設計案をイメージしながら設計を検討していくことを可能にするツールとしての MR の価値がみてとれる。設計対象の要素同士の関係性の発見と、その発見を起点とした議論の展開を設計の初期段階で行うことを可能にすることで、具体的な空間イメージと設計のフレームやコンセプトの策定、敷地の理解といった設計のプロセスをダイナミックに行き来しながら設計を進めていくことを可能にする点に、MR の設計ツールとしての大きな価値と意義が認められるだろう。

最後に、視覚的な情報と視覚以外の情報が混在する特性を有する MR 空間の経験が設計プロセスにおいて制約を与えることが垣間見えた事例として、第3ペアにおける議論に注目したい。第3ペアにおいては、実験後のインタビューにおいて設計案と被験者のあいだのインタラクションの不足が強く指摘された。そして3Dモデルを自由に動かす機能や、タップすると設計案のマテリアルを簡単に変更できる機能など、設計案と設計主体の関わり合いを強化するプログラムをより充実させるべきであるとの指摘がなされた。こうした指摘は他のペアと比べてとりわけ第3ペアから強く寄せられたのであるが、このペアと他のペアの設計案における大きな違いとして断面方向の空間構成が挙げられる。他のペアがほとんど平屋の設計案を作成したのに対し、第3ペアだけが3階建ての設計案を作成していた。1層の設計案の場合には、空間に入ったり出たり首をひねって周囲を見渡したりするという様々な身体と空間のインタラクションを通して設計案を検討できる。一方で設計案が複数の層をもつ場合、MR では実際に足場がなければ2階や3階に上がってみることはできない。狭義の VR 空間においては視覚的な効果によって空間内を移動でき、1階を歩くことも2階にあがることも同じように体験できるが、MR 空間では視覚的な設計案と実空間が混在しているために、実空間の物理的特性に応じて設計行為が制限される可能性

があるのである。

こうした制約に対しては仮設で足場と階段をつくり、MR でテクスチャをはりつけることでより設計案を再現するなど様々な解決手段が考えられるが、今後はこうした制約に鑑みつつ、設計や施工の段階を考慮しながら実空間の要素とデジタルの要素のバランスについてより詳細に検討していく必要があると考えられる。

注

- 注1) 本稿では専門家である「設計者」に対して非専門家として「ユーザー」の用語を用いるが、そもそも専門性の捉え方やユーザー個々人の能力や経験によってユーザーは専門家にも非専門家にもなりうるものであろう。そうした考えに基づきながらも今回は「図面や模型等のツールを用いながら設計中の対象となる建築空間を把握する能力」を建築設計の専門性として扱い、設計実験におけるユーザー役の選定においてはそうした建築の専門的な経験を持たない人に限定するよう配慮した。
- 注2) 本研究の実験は、2章で述べる空間認知に関する理論を厳密に検証し、実証的に新しい知見を提示しようとするものではなく、理論の検証を行いながらもそこから発見的に新しい知見を見出し、それをもとに次なる仮説を形成することを狙いとして、少数の事例を詳細に分析することを前提とした実験方法を採用している。
- 注3) 敷地はおおよそその範囲のみ規定し、厳密には策定せず、被験者らがある程度自由に設定できるように設計条件を設定した。Fig.18 の敷地範囲は実験者がおおよそその対象範囲として被験者に提示した範囲を示している。
- 注4) D.A.Schön は、複雑な状況に柔軟に対応し思考しながら設計を進めていくプロセスにおいて設計者が設計対象に与える問題を捉えるための輪郭を「フレーム」(frame)と呼んだ。【参考文献 17)】
- 注5) 設計中には複数のユーザーが登場する。そこで混乱を避けるため、設計の具体的な内容についての分析や考察を行う際には、設計者役とペアを組んだユーザー役の被験者個人を「ユーザー」と呼ぶことにする。そのうえで、実際に設計案が施工されたあとにその空間を利用する人々について本稿では「利用者」と呼ぶことにする。
- 注6) 今回の設計実験では、エスキスで用いるツールについて2つのパターンを設定した。第2エスキスと第3エスキスで MR を用いるパターンについては MR を複数のエスキスで連続的に用いることがもたらす変化について、第2エスキスで MR を用いないパターンでは模型と図面を用いるだけでは生じない MR の活用がもたらす変化について詳細な分析を行うことを狙いとしている。
- 注7) 実験の中で用いた図面や模型、MR モデルは、ユーザーとの対話を通して設計者が描いたスケッチと簡易な設計案に関する説明をもとに実験実施者が制作した。その際、各種制作物については実験前に設計者にチェックをもらい、そこで表現される空間と設計者の設計意図との間に差異がないことを確認した。
- 注8) 今回の実験では異なる組み合わせの設計ツールを用いた比較実験を行うが、本稿の分析においてはそうした設計ツール間の比較を議論の枠組みとはしない。図面、模型、MR のそれぞれの設計ツールの性質の差の詳細な分析については、今後の研究において引き受けるものとする。
- 注9) 今回実験に用いた機器やソフトウェアの構成やバージョンは以下に示す通りである。

PC

CPU : Intel®Core(TM)i7-9700K@3.60GHz

実装 RAM : 32.0GB

OS : Windows 10 Pro

ビデオカード : NVIDIA Quadro P4000

ヘッドマウントディスプレイ機器

Microsoft 社 Hololens

ソフトウェア

Rhinoceros 6 SR14 64-bit

V-ray for Rhino

Unity Ver.2017.2.1

- 注10) 著者らは拙稿において、狭義の VR を通した空間の経験における身体感覚に基づく空間の認識が設計を専門としない人々にとっても空間理

解を容易にするに留まらず、身体と空間の関わりを起点として新たなニーズが生まれ、リフレームが展開される事例を捉えた。4.2.2の事例においてはそうした議論を踏まえつつMR空間における身体と空間のかかわりを通した空間認識について考察を行っている。【参考文献13）】

注11) 4章で扱った事例において扱った設計対象の要素同士の関係性が、モックアップの利用や完成された空間の経験を通して発見される可能性を否定することはできないと考えられる。モックアップは作りこみの程度によっては実際の空間の経験に近い形での設計案の理解を可能にするとともに、視覚情報に加え素材の触覚情報や嗅覚情報といった多様な情報を扱いながら設計を進めていくことを可能にする。MRは実際の空間の経験に近い形での設計案の理解を促すものの、敷地に追加されている情報はグラスを通して提示される視覚情報のみであり、設計案を多様な感覚のなかで捉えつつ評価することはできない。一方で、本論文で扱った事例では視覚的情報を追加しただけであるにもかかわらず視覚以外の情報にも積極的に目を向けながら議論を展開していくことが促されている様子がみてとれる。同時に、MRはこうした議論を設計の初期段階、すなわち設計のコンセプトや枠組みを策定する段階で積極的に展開することを可能にしていると捉えられ、こうした効用にMRの設計ツールとしての価値を見いだすことができるだろう。

参考文献

- 1) Monnai, T. : Man-Environment System Design from the viewpoint of Relations, Journal of Japan Society for Design Engineering, Vol.43, pp. 583-592, 2008.11
門内輝行：関係性の視点からみた人間－環境系のデザイン，設計工学 Vol. 43, pp. 583-592, 2008.11
- 2) Guo, Y. et al. : Application of augmented reality GIS in architecture, The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII, pp. 331-336, 2008
- 3) Nakabayashi, T., Kado, K. and Hirasawa, G. : DEVELOPMENT OF A TOOL FOR ARCHITECTURAL DESIGN WITH AUGMENTED REALITY AND SCALE MODELS, AIJ Journal of Technology and Design, Vol.17, No.37, pp1053-1056, 2011.10
中林拓馬,加戸啓太,平沢岳人：拡張現実感と模型を用いた建築設計ツール，日本建築学会技術報告集, Vol.17, No.37, pp. 1053-1056, 2011.10
- 4) Ishii, H. et al. : Augmented urban planning workbench Overlaying drawings, physical models and digital simulation. Proc. - Int. Symp. Mix. Augment. Reality, ISMAR 2002, pp. 203-214, 2002
- 5) Noyman, A. & Larson, K. : DeepScope HCI platform for generative cityscape visualization, Conf. Hum. Factors Comput. Syst. - Proc., pp. 1-9, 2020
- 6) Son, K. et al. : C-Space: An Interactive Prototyping Platform for Collaborative Spatial Design Exploration. Conf. Hum. Factors Comput. Syst. - Proc., pp. 1-13, 2020
- 7) Fukuda, T., Mori, K. & Imaizumi, J. : Integration of CFD, VR, AR and BIM for Design Feedback in a Design Process An Experimental Study, Proceedings of the 33rd international conference on education and research in computer aided architectural design in Europe, Vol.1, pp.665-672, 2015
- 8) ONO, K. et al. : DEVELOPMENT OF VIRTUAL SIMULATION SYSTEM FOR HOUSING ENVIRONMENT USING MIXED REALITY TECHNOLOGY, AIJ Journal of Technology and Design, vol.11, No.22, pp. 567-572, 2005
- 9) Feiner, S., MacIntyre, B. & Seligmann, D. : Knowledge-based Augmented Reality, Commun. ACM, Vol. 36, pp. 53-62, 1993
- 10) Milgram, P. & Kishino, F. : A TAXONOMY OF MIXED REALITY VISUAL DISPLAYS, IEICE Trans. Inf. Syst, vol. E77-D, 1994
- 11) Yokoya, N. : Mixed Reality : Merging Real and Virtual Worlds : I Introduction, system / control / information, vol.49, pp.489-494, 2005
横矢直和：現実世界と仮想世界を融合する複合現実感技術-1，システム／制御／情報, vol. 49, pp.489-494, 2005
- 12) Tachi, S. et al. : Virtual Reality, The Virtual Reality Society of Japan, 2011
館璋，佐藤誠，廣瀬通孝：バーチャルリアリティ学，日本バーチャル

リアリティ学会, 2011

- 13) Ishida, K, Sakatani, S, Tanaka, Y and Chiba, M : INFLUENCE OF EXPERIENCE OF SPACE USING VR ON DESIGN PROCESS A Study on VR as a dialogical tool supporting the creative process in architectural design Part 1, Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ), Vol. 84, No. 761, pp. 1579-1587, 2019.7
石田康平，酒谷粹将，田中義之，千葉学：VRを通した空間の経験が設計プロセスに与える影響 建築設計における創造的プロセスを支える対話ツールとしてのVRに関する研究（その1），日本建築学会計画系論文集, Vol. 84, No.761, pp. 1579-1587, 2019.7
- 14) Daikoku, T. : Philosophy in a Virtual Society Bitcoin, VR and Post -Truth, Seidosha, 2018
大黒岳彦：ヴァーチャル社会の〈哲学〉ービットコイン・VR・ポストトゥルースー, 青土社, 2018
- 15) Polanyi, M. : The Tacit Dimension, University of Chicago Press, 1966
- 16) Suchman, L. : Plans and Situated Actions The Problem of Human-Machine Communication, Cambridge University Press, 1987
- 17) Schön, D.A. : Problems, frames and perspectives on designing, Design Studies, Volume 5, Issue 3, pp.132-136, 1984

図版出典

Fig.3：参考文献10をもとに著者ら作成

PERCEPTION OF RELATIONSHIPS BETWEEN DESIGN OBJECTS BASED ON THE EXPERIENCE IN MR SPACE

A Study on VR as a dialogical tool supporting the creative process in architectural design Part 2

Kohei ISHIDA^{*1}, *Manabu CHIBA*^{*2}, *Yoshiyuki TANAKA*^{*3}
and Suisho SAKATANI^{*4}

^{*1} Doctor Student, Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, The University of Tokyo

^{*2} Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, The University of Tokyo, M.Eng.

^{*3} Assist. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, The University of Tokyo, M.Env.

^{*4} Lect., Dept. of Architecture and Environmental Design, College of Architecture and Environmental Design, Kanto Gakuin University, Dr.Eng.

Mixed Reality (MR), which has been attracting attention in recent years, is a technology that allows digital information to be superimposed on real space. By using this technology, designers can place a 3D model of a design proposal in a real space, and proceed with the design while grasping the various information and elements that exist in the real space and the design proposal in an integrated manner. In addition, people who do not specialize in architectural design will be able to participate in the design process while smoothly grasping concrete spatial images of a proposal.

This study examines the impact of the experience of space through such MR on the design process.

First, we conducted design experiments using MR, where architectural students participated. The experimental conditions were set in which pairs worked together to design a rest area in the plaza at the University of Tokyo. Models, drawings, and MR were used as design tools.

Then, the theoretical framework for MR space is organized. The possible effects of experience the complex relationship between real space elements and design proposals in MR space on changing perceptions of the design subject are discussed.

In this study, we organized the existing theories of VR and MR space, and some cases where visual information in MR space has influenced the design are considered. After that, a few cases of non-visual information in MR space influenced the design are discussed. We considered the influence of the experience of MR space on the design of relationships, and in conclusion, confirmed the two values of MR in the design process.

First, through the experience of MR space, not only it becomes possible to grasp the design object in an integrated manner with the surrounding space, but also the MR design plan contributes to the formation of a frame to recapture the surrounding environment. That leads to the discovery of hidden elements of space that were previously unrecognized. The possibility of MR as a tool that can consider and develop a design proposal while flexibly reframe according to the situation without strictly setting the frame that captures the target in the design tool construction stage is pointed out.

Second, by discovering the elements of the visible space and the relationships between them through MR, it would become possible to focus on the non-visual elements that exist in the surrounding space. This would point out the usefulness of MR, which makes it possible to examine design proposals under a lot of information and conditions while capturing a wider and more detailed target.

In the future, it will be necessary to conduct research that will give designers a clearer spatial image that is even closer to the real space. It is necessary to acquire the knowledge to seamlessly integrate online and offline information, we need to find an appropriate balance in integrating digital information and real-world information.

(2020年7月10日原稿受理, 2020年12月21日採用決定)