

# バーチャル物体に対する回避特性を考慮した 現実ベースのVR空間構築

松尾 直紀<sup>1,a)</sup> 井村 誠孝<sup>1,b)</sup>

**概要:** HMD を装着して体験する VR では障害物のない空間が必要であり、ユーザの HMD 使用可能範囲は制限を受ける。この問題に対して、実空間の障害物配置に合わせてバーチャル空間を構築することで、障害物のある空間でも没入感を損うことなく VR を体験可能とする方法が検討されている。しかし、バーチャル物体は、一般的に実体は無いものという印象を抱かれているため、実物体と同じように体験者が障害物を回避するかは定かではない。本研究では、安全性の高い VR 空間を構築するために、まずバーチャル物体に対する人の回避行動の特性について、実物体と比較して調査する。得られた知見に基づいて、障害物のある空間でも世界観を損なわない現実ベースの VR 空間をリアルタイムに構築する手法を確立する。

## 1. はじめに

近年の Head Mounted Display(HMD) は外部トラッキングカメラの設置を必要としない自己位置推定手法が実装され、HMD としての使用可能範囲に制限が無くなった。しかし、ユーザは HMD 装着時に現実世界での自分の周辺状況を知ることができないため、HMD を使用した VR の体験には障害物のない空間が必要であり、ユーザとしての行動可能範囲は制限を受ける。この問題に対して、実空間の障害物配置に合わせてバーチャル空間を構築することで、障害物のある空間でも没入感を損うことなく VR を体験可能とする方法が検討されている [1][2]。しかし、バーチャル物体には、一般的に実体は無いものという印象を抱かれているため、実物体と同じように体験者が障害物を回避するかは定かではない。

本研究では、安全性の高い VR 空間を構築するために、まずバーチャル物体に対する人の回避行動の特性について、実物体と比較して調査する。得られた知見に基づいて、障害物のある空間でも世界観を損なわない現実ベースの VR 空間をリアルタイムに構築する手法を確立する。

## 2. 関連研究

VR 空間への没入感を損なわない形で空間の形状や障害物をユーザに提示する方法が Sra らによって提案されている [1]。Sra らの研究では、事前に空間の状況をスキャンし、

点群解析によって床、壁を推定し行動可能範囲を検出する。そのデータから自動的にオブジェクトを割り当てて VR 空間を構築している。しかし、この研究では事前に 3D スキャンを行って得た空間のデータから VR 空間を構築しているため、空間が広いものになればなるほど事前スキャンが大変なものになる。また Cheng らによって事前スキャンを必要としない RGB-D カメラを利用した、行動可能空間検出による VR 空間の構築方法が提案されている [2]。

## 3. 提案手法

RGB-D カメラからリアルタイムにユーザ周辺の物体表面形状を点群データとして取得する。VR 空間をボクセルに分割し、得られた点群データに基づいて各ボクセル内に物体表面があれば、そのエリアに障害物があると判定する。障害物があると判定されたボクセルエリアにバーチャル障害物を重畳する。

## 4. バーチャル物体に対する行動実験

本研究では現実世界の物体にバーチャル物体を重畳してユーザに提示するため、バーチャル物体に対する人の行動特性を調査する実験を行った。

### 4.1 実験 1

まずバーチャル物体の存在を人が避けるべきだと感じるかについて実験を行った。プレイフィールド中央にバーチャルな障害物がある「モグラたたきゲーム」を作成し、バーチャル物体のみが存在する環境と実空間にも同じ大きさの机がある環境の二種類の環境を用意した。VR 初心者

<sup>1</sup> 関西学院大学

<sup>a)</sup> emn27315@kwansei.ac.jp

<sup>b)</sup> m.imura@kwansei.ac.jp

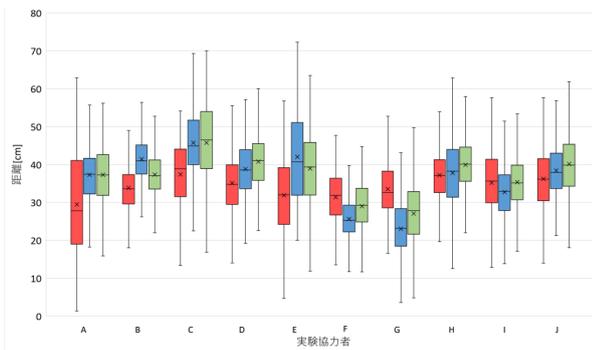


図 1 実験結果 (赤:環境 R, 青:環境 RV, 緑:環境 V)

の 32 人にどちらの環境か知った上でプレイしてもらい、プレイ中にバーチャル物体を避けるか記録した。

実験の結果、バーチャル物体の中に実空間では障害物がないと知った上で 32 人中 27 人がバーチャル物体を避け、5 人が避けなかった。また、実空間に机が存在する場合は全員がバーチャル物体を避けた。

#### 4.2 実験 2

バーチャル物体に対して「実際には存在しない」という意識があるため、現実物体とバーチャル物体では物体との距離の取り方に相違があることが考えられる。相違が見られた場合、現実物体をバーチャル物体に置き換える際に差を考慮する必要がある。

本実験では、大 (180 cm × 60 cm × 91 cm)、中 (135 cm × 60 cm × 91 cm)、小 (90 cm × 60 cm × 91 cm) の三種類の大きさの机を用意し、下記の三種類の環境で 10 人の実験協力者に現在の環境を伝えた上で大中小の大きさの机を周ってもらい、机からどれだけ離れた位置を歩行するか計測した。

**環境 R** 実際の机がある現実環境

**環境 R+V** 実空間の机と同じ位置にバーチャル物体が重畳された VR 環境

**環境 V** 実空間に机がなく、バーチャル物体のみの VR 環境

実験協力者ごとの頭部位置と机の端との距離を図 1 に示す。10 人全てが現実物体、バーチャル物体ともに距離を取って歩行し、物体に接触することはなかった。現実空間の方が近く歩行をする人が 5 人、VR 空間の方が近く歩行する人が 2 人、どの環境でも距離の取り方が変わらない人が 3 人であった。環境 R+V と環境 V での距離の取り方に大きな差は見られなかった。

#### 4.3 考察

実験 1 より多くの割合の人がバーチャル物体を避けるべき障害物として認識していると考えられ、実験 2 よりバーチャル物体に無意識に侵入することはなく、現実物体にバーチャル物体を重畳してもユーザはバーチャル物体から



図 2 ベースにした現実空間

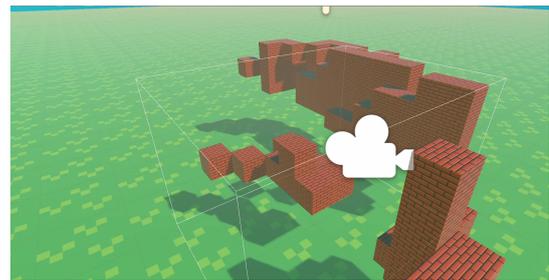


図 3 実装結果

適切に距離を取って歩行を行うと考えられる。本研究では安全性を考慮して実装時に 10 cm 以上大きくバーチャル物体を重畳する。

#### 5. VR 空間リアルタイム構築の実装

HMD は外部トラッキングカメラを必要としない Oculus Rift S、RGB-D カメラは intel RealSense Depth Camera D435i、VR 環境の構築には Unity を用いた。VR 空間を 30 cm × 30 cm × 30 cm のボクセルに分割し、物体表面が存在するボクセルエリアに 4 節で得られた知見により物体表面から 15 cm 大きくレンガブロックを重畳させた。現実空間 (図 2) をベースに VR 空間構築を行った。結果を図 3 に示す。

#### 6. おわりに

本稿では、バーチャル物体による障害物提示を利用した、世界観を損なわずリアルタイムに VR 空間を構築する手法を提案した。今後は、障害物があると判定されたボクセル集合体の大きさに提示するバーチャル物体を適切に選択する手法を確立し、動的なコンテンツ構築が可能なシステムの構築を目指す。

#### 参考文献

- [1] M. Sra et al.: Procedurally Generated Virtual Reality from 3D Reconstructed Physical Space, Proceedings of the 22nd ACM Conference on Virtual Reality Software and Technology, pp. 191–200, 2016.
- [2] L.-P.Cheng et al.:VRoamer:Generating On-The-Fly VR Experiences While Walking Inside Large, Unknown Real-World Building Environments, IEEE Virtual Reality, pp. 359 – 366, 2019.