

Commodity Shadows : 仮想世界から実物体への誘導／回避を促す インタラクション手法の提案

尾崎 陽彦^{1,a)} 塚田 浩二¹

概要:近年, HMD を用いた VR 体験を日常生活空間で行う機会が増加している. そうした環境では, VR 体験中に日用品等の実物体を手に取りたかったり, 逆に邪魔になったりする場面が存在する. そこで本研究では, VR 体験中に周囲の実物体の存在をさりげなく提示することで, 実物体への誘導／回避を促す手法を提案する. 画像認識で実物体の種類／位置を認識した上で, 目的に応じて異なる視覚効果を提示する. 例えば, 誘導したい場合, 実物体の位置に半透明の立方体を影のように表示して, ユーザの手と実物体の距離が近づくほど透明度を下げて, 存在を感じやすくする. さらに, 十分近い場合には立方体上に実世界の映像を重畳表示することで, ユーザが日用品等を手取ることを支援する. 本稿では, 研究のコンセプト／実装／基礎的な利用例を中心に記述する.

1. 背景

近年, 没入型ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を用いた VR 体験を日常生活空間で行う機会が増えてきている.

そうした環境では, VR 体験中に飲み物を飲みたくなるといったように, 日用品等の実物体を積極的に手に取りたい場面が存在する. 逆に, 実物体が手や腕と衝突する等して, VR 体験の邪魔になる場合もある.

しかし, VR 体験中に必要な日用品へ誘導したり, 実物体との衝突を回避したりする支援は十分に実現されていない. 一般的に VR 体験中に日用品の位置を把握するためには HMD を外したり, 特定のコマンド (例: フレームをダブルタップ) 等を行ってパススルー映像に切り替える手間が生じるため, 没入感が削がれてしまう.

そこで本研究では, VR 体験中に周囲の日用品等の実物体の存在をさりげなく提示することで, 仮想空間での没入感を保ちつつ, 実物体への誘導／回避を促す手法を提案する. ユーザの手と実物体の距離に注目し, 距離が遠い程存在感を弱く, 距離が近い程存在感を強く示すように工夫する. さらに誘導を促す場合は, 距離が十分近い時にパススルー映像を実物体の位置に重畳表示することで, ユーザが日用品等を手取ることまでを支援する (図 1).

2. 関連研究

VR 体験中に日用品等の利用を支援する研究事例を紹介する. McGill ら [1] は, グリーンバックを用いて実世界の日用品を認識可能にした環境下で, VR 空間における日用品とのインタラクションにおいて実世界の視覚情報をどの程度提示すべきかを検証している. 実験では, VR 体験中にキーボード入力やコーヒーカップを持つ動作等, 特定の日用品操作をタスクとして与えた. その際, 手の周囲のみを表示する方法, キーボードやマグカップ等のタスクの操作対象となる物体を常時表示する方法, 実世界の映像を常時提示する方法の 3 条件を比較した. 結果として, 手の周囲のみを表示する方法, キーボードやマグカップ等のタスクの操作対象となる物体を常時表示する方法といった, 必要な日用品のみを自動で提示する方式が没入感に優れていることが示された. 本研究は, 画像認識を用いて実環境の日用品を認識し, さりげなく存在感を提示しつつその利用等を支援する点で異なる. また, 先行研究の知見を参考に, 日用品にユーザの手が十分に近づいた場合のみパススルー映像を表示することで没入感を削がないよう工夫する.

また, 伊勢ら [2] は, HMD 装着時に「片目を隠す」という自然な動作をトリガーとして, VR コンテンツと実世界のパススルー映像を重畳表示し, 仮想空間と現実空間のコンテンツを手軽に切り替えるインタラクション手法, HidEye を提案している. これにより, HMD 着脱やコマンド操作

¹ 公立はこだて未来大学

^{a)} g2125019@fun.ac.jp

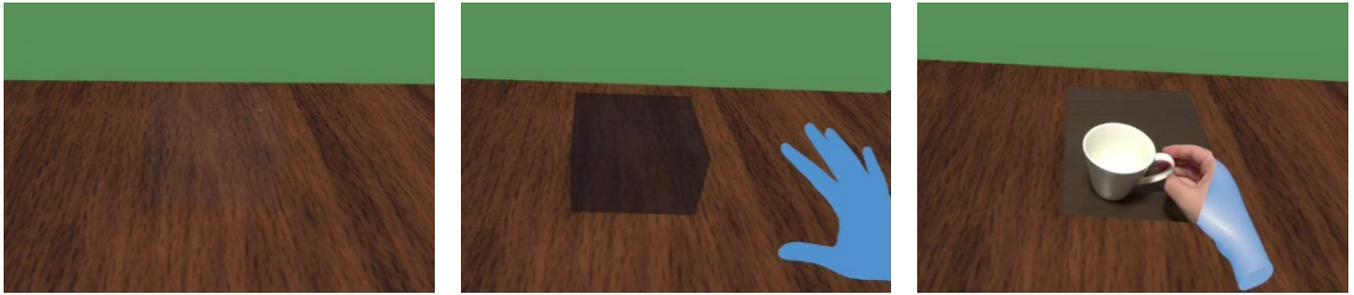


図 1 本研究の概要. 実世界の日用品を影のように VR コンテンツ中に重畳表示する.
さらにユーザの手と日用品の距離に応じて, 存在感を調整する.

の手間を省き, 没入感を保ちつつ実世界の状況認識を可能にしている. 本研究では, 日用品に着目し, VR 体験中にさりげなくその気配を提示しながら, ユーザの手と物体の距離によってその存在感を調整できる点に特徴がある.

佐々木ら [3] は, VR 空間における現実物体との衝突回避を目的として, 現実空間の障害物を仮想空間内に反映する置換表示手法を提案している. 現実空間を事前にスキャンし, 取得した障害物メッシュを VR 空間に表示することで安全性の向上を図っている. 障害物の形状を保ったままテクスチャのみを変更する手法と, 仮想空間に適した 3D オブジェクトへ置き換える手法の 2 種類を実装している. 本研究では, 日用品の存在感をさりげなく提示しつつ, アプリケーションに応じて誘導/回避を切り替えられるようなインタラクション手法の構築を目指す.

3. 提案

本研究では没入型 HMD の利用中に, 周囲の日用品等の実物体の存在をさりげなく提示することで, 仮想空間での没入感を保ちつつ, 実物体への誘導/回避を促す手法を提案する. ユーザの手と実物体の距離に注目し, 距離が遠い程存在感を弱く, 近い程存在感を強く示すように工夫する. 本研究の特徴は以下の 3 点である.

1. HMD 利用中に周囲の実物体の存在をさりげなく提示
2. ユーザの手と実物体の距離に応じた存在感の調整
3. 実物体への誘導/回避に適した情報提示

1 について, 周囲の実物体に対して画像認識を行い, 実物体の位置/大きさ/種類といった情報を取得する. 得られた情報をもとに, VR 空間に半透明のオブジェクトを生成し, 周囲に実物体が存在することをユーザにさりげなく示す.

2 について, ユーザの手と周囲の実物体との距離によって, オブジェクトの存在感を変化させる. 半透明のオブジェクトにユーザが手を伸ばし, 手と実物体の距離が近づいたとき, 対象オブジェクトの透明度を低くすることで実物体の存在感を強く示す. 逆に, 手と実物体の距離が離れ

るほどオブジェクトの透明度を高めて, 実物体の存在感を抑えることで, 没入感を維持する.

3 について, 実物体への誘導/回避という二つの状況に応じた情報提示手法を設計する. 実物体へ誘導する際には, 手と実物体が一定距離まで近づいたときに, 実世界の実物体の映像 (パsthrough映像) を重畳表示することで, 実物体を認識/把持できるように支援する. 衝突を回避する場合には, 手と実物体が一定距離まで近づいたときに, VR 上のオブジェクトの色を変える等して, 危険を感じさせ回避させるように支援する.

4. 実装

4.1 HMD と開発環境

本研究に用いた HMD は MetaQuest3 である. 本体前面には, 左右に RGB カメラ, 左右の RGB カメラの下と本体の両側面にトラッキング用 IR カメラ, 中央に深度センサが搭載されている. 深度センサから投影される赤外線の様を IR カメラで撮影することで, その模様の変形具合から深度を算出し周囲の立体構造を測定している. 開発のためのソフトウェアは Unity ver.2022.3.58f1 を用いた. また, MetaQuest3 に対応した VR コンテンツの開発用のアセット Meta XR Core SDK を用いた.

4.2 実物体と手の認識

まず, 日用品検出と追跡には, MetaQuest3 の RGB カメラから取得したリアルタイム映像を使用する. Passthrough Camera API により映像データへアクセスし, Unity Sentic を用いて HMD 上で, 画像認識を行う. 物体検出モデルには, COCO (Common Objects in Context) データセットを用いて学習されたモデルを使用し, 検出可能な 80 種類の中から, 15 種類の日用品に着目している (表 1). 実物体を認識した際に得られる情報は, 検出された物体の位置 (中央座標), 幅, 高さ, クラス名, そして深度センサから得られる奥行情報 (カメラからの距離) である. ユーザの手の位置取得には, MetaQuest3 のハンドトラッキング機能を利用する. 赤外線カメラで手指の 3 次元形状と位置・姿勢を取得する.

表 1 着目した 15 種類の日用品

カテゴリ	クラス名
飲食	bottle, cup, spoon, bowl
家具	chair, sofa
電子機器	tvmonitor, laptop, mouse, keyboard, cell phone
文房具	book, scissors
日用品	clock, toothbrush

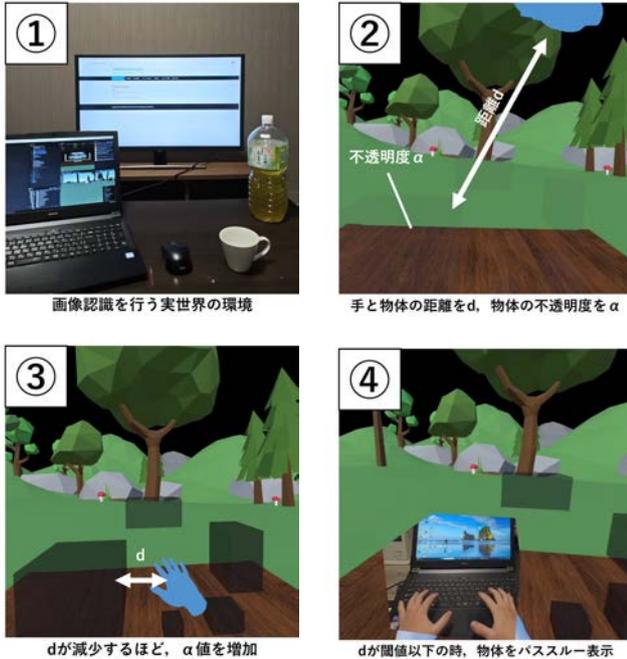


図 2 システム説明図

4.3 実物体の存在感の提示

実物体を認識した際に得られる情報を用いて、VR 空間内に影のようなオブジェクトを生成する。オブジェクトの 3 次元位置は、画像認識による 2 次元座標と深度センサによる奥行情報を組み合わせて設定する。オブジェクトの大きさは画像認識から得た認識対象の幅/高さを用いる。奥行は検出できないため、暫定的に幅と高さの平均値とした。今後はクラス名等を加味した調整を予定している。

システムの動作の流れを図 2 に示す。

ハンドトラッキングによって得られた 3 次元座標から、オブジェクトまでの距離 d を算出し、その距離に応じてオブジェクトの不透明度 α を変化させる。距離 d が減少するほど、不透明度 α の値を増加させ、VR 空間での存在感を強くする。誘導する際には、手とオブジェクトが一定距離まで近づくと、実世界の映像（パススルー映像）を重畳表示することで、日用品の把持や利用を支援する（図 3）。逆に、日用品を回避させる際には、手と日用品が一定距離まで近づくと、オブジェクトの色が赤くなる等変化する。一方、手とオブジェクトが十分離れているときには、オブジェクトの不透明度を非常に低くすることで、仮想空間の体験を優先するように設計する。

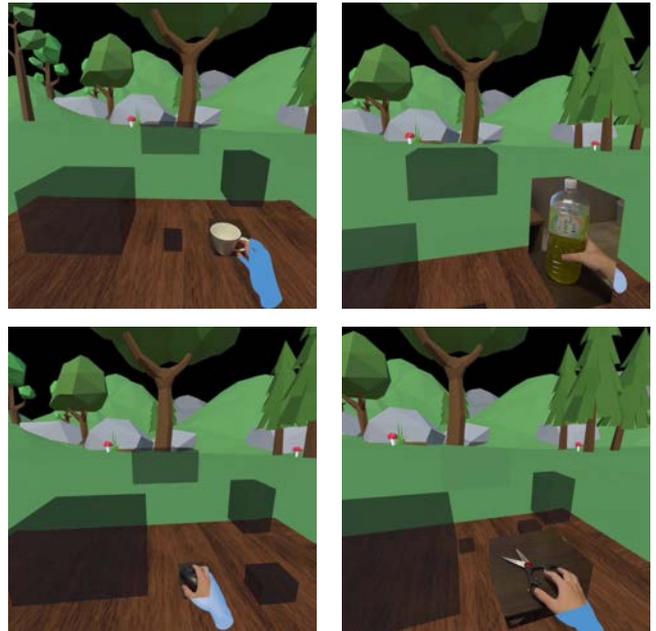


図 3 日用品（左上:cup, 右上:bottle, 左下:mouse, 右下:scissors）を認識し、把持する様子

以上の仕組みにより、ユーザが実物体を積極的に手に取りたい場面/回避したい場面で、HMD を装着したまま、手の動作を通して実物体を利用/回避でき、没入感を保ちながら実世界の実物体を自然に扱えることを目指す。

5. まとめと今後の展望

本研究では、VR 体験中に周囲の日用品等の実物体の存在をさりげなく提示することで、仮想空間での没入感を保ちつつ、実物体への誘導/回避を促す手法を提案した。ユーザの手と実物体の距離に注目し、距離が遠い程存在感を弱く、距離が近い程存在感を強く示すように工夫する。さらに誘導を促す場合は、距離が十分近い時にパススルー映像を実物体の位置に重畳表示することで、ユーザが日用品等を手に取ることができる。今後は提案手法を用いた、多くの応用例を実装し、その有効性や課題をユーザテストを通して検証することで、HMD 用のインタラクション手法として確立していきたい。

参考文献

- [1] Mark McGill, Daniel Boland, Roderick Murray-Smith, Stephen Brewster. 2015. A Dose of Reality: Overcoming Usability Challenges in VR Head-Mounted Displays. CHI ' 15, Pages 2143-2152.
- [2] Ryunosuke Ise, Koji Tsukada. 2024. HidEye: Proposal of HMD Interaction Method by Hiding One Eye. SA ' 24, Article No. :10, 1-2.
- [3] 佐々木柚葉, 栗原渉, 兼松祥央, 三上浩司. 2025. VR 空間における現実物体との衝突回避のための置換表示手法の提案. Digital Game Research Association JAPAN 第 15 回年次大会予稿集, 303-308.