

寝ながら VRHMD 利用を想定した 視野外情報の立体オーバーレイ提示手法

馬場 章^{1,a)} 真鍋 宏幸^{1,b)}

概要：VR コンテンツの多くは、ユーザが自由に頭部を動かし視点を調整できる状況を前提に設計されており、立位や座位であれば頭部あるいは上半身を回転させるだけで視野外情報を把握できる。一方、臥位姿勢は頭部の動きが制限されるため、視野外情報の把握にコントローラによる視点操作が必要となるが、体の動きを伴わない視点操作は認知のおよび身体的負担がかかる。そこで視点操作の負担が少なく多くの情報を一度に入手できる手法が必要となるが、既存の方法では、物体の大きさ、奥行き、位置関係などの空間情報を十分に伝達できないという課題がある。本研究では、臥位姿勢での VR 利用を想定し、視野外情報を立体感や距離感を損なうことなく把握できるオーバーレイ手法を提案する。実験の結果、提案手法は時間がかかるが座位、臥位どちらにおいても既存手法よりオブジェクトの立体感や距離感を正しく認識できることがわかった。

1. はじめに

バーチャルリアリティ (VR) は、ユーザに没入感の高い体験を提供する技術として広く普及しており、ゲームや教育、リモートワークなど多岐にわたる応用が進んでいる。これら多くの VR コンテンツは、ユーザが自由に頭部を動かし、視点を調整できる状況を前提に設計されている。一般的に、視野外情報を把握するためには視点の操作が必要となるが、立位や座位であれば、頭部あるいは上半身を回転させるだけで良い。一方、臥位では頭部の回転に制約があるため、コントローラのジョイスティックを用いた視点操作を行う必要があるが、体の動きを伴わない頻繁な視野の変化は、認知のおよび身体的負担がかかることがわかっており [1]。しかし、臥位での VR プレイは、HMD の重さを自分で支える必要がなくリラックスした状態で楽しむことができるため、立位や座位向けのコンテンツを臥位でもできることが望ましいと考えられる。そのためには、臥位姿勢で多くの情報を一度に入手でき、視野操作の負担が少ない視野外情報提示手法が必要となる。

そこで本研究では、臥位姿勢で VRHMD を使用することを想定し、視野外情報を把握しやすくする立体オーバーレイ表示手法を提案する。

2. 関連研究

仮想空間内の視野外情報提示手法として、矢印やアイコンを用いる方向指示 [2]、360 度パノラマ表示 [3]、ミラー型のオーバーレイ [4] などが提案されている。矢印やアイコンを用いた手法は、視野外の情報が存在する方向を簡潔に示すことができる一方、物体の奥行きや位置関係を十分に伝えることは難しい。360 度パノラマ表示は視野外の情報を包括的に提示できるが、平面的な表示となるため立体感が損なわれやすい。ミラー型のオーバーレイも同様に、平面的な反射映像を用いることで視野外情報を提示できるが、オーバーレイの後ろに物体がある場合には重なり合ってしまう、視認が困難になる。これらの手法はいずれも視野外情報を効果的に示す利点を有するものの、物体の大きさ、奥行き、位置関係などの空間情報を十分に伝達できないという課題が残る。

立体感を失わずに視野外情報の提示をする手法として、OVRlap[5] が提案されている。OVRlap では、複数の離れた地点にオーバーレイの元となる仮想の視点を用意し、その視野を半透明のオーバーレイとして HMD を通して見える従来視野に重ねることで、同時に複数の場所を認識できる手法を提案している。しかし OVRlap では、全てのオーバーレイが同じ方法で半透明に表示されており、オーバーレイ視点間で明確に区別をつけることができないためオブジェクトの認識が難しくなる。

¹ 芝浦工業大学

^{a)} ma23156@shibaura-it.ac.jp

^{b)} manabehiroyuki@acm.org

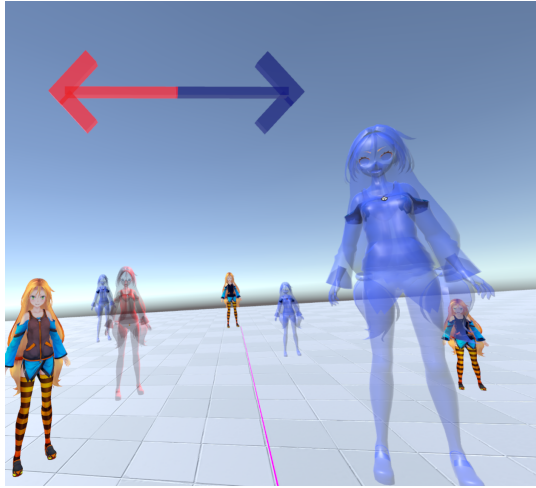


図 1 提案手法であるオーバーレイ表示手法。

3. 提案手法

本研究では、OVRlap の「半透明なオーバーレイ視野を重ねる」アイデアを踏襲しつつ、離れた複数の場所を認識するのではなく、ユーザの一人称視点を中心に周囲の視野内外のオブジェクトを認識できるようにする。具体的には、従来の一人称視点を基準に左右の視野外のエリアをカバーするように、それぞれ 90 度回転した 2 つのオーバーレイ用視点を配置する。左右に配置した視点から見える映像を、半透明にして従来視野に重ねてオーバーレイ表示することで、視野外の情報を立体感や距離感を損なわずに見ることができる。これにより、臥位で頭部の回転が制限される状況においても、視野外のオブジェクトを把握することができる。

図 1 に提案手法である、従来視野に左右の視点をオーバーレイ表示した例を示す。半透明で表示されるオブジェクトが、左右どちらの視点に由来するかを判別しやすくするために、右視点には青系、左視点には赤系の色を実装している。さらに、従来視野の上部にオーバーレイの色と方向に対応する矢印を表示することで、オーバーレイ表示されているオブジェクトが左右どちらの方向に存在する物体なのかをユーザが素早く理解できる設計とした。

4. 評価実験

提案手法が物体の立体感や距離感をどのくらい有効に識別できるかを調査することを目的とした実験を行う。実験では、通常の椅子に座った状態、椅子のリクライニングを倒して仰向けになった状態の 2 つの姿勢条件で、以下の 3 種類の視野外情報提示手法を比較した。

- (1) 提案手法：視野外の左右の視野を半透明のオーバーレイとして、従来視野に統合する。
- (2) 従来手法：視野外情報を提示することをしない、従来の VR 視点。

- (3) ミラー型オーバーレイ：HMD の視点上部にミラー型のオーバーレイを 2 つ設置し、左右の視野外視野を平面的に提示する手法。

上記すべての視点操作は、椅子に座っているときは頭部や上半身の動きで HMD を回転させて行い、椅子のリクライニングを倒した仰向け状態ならば、コントローラのジョイスティックを用いて行う。

実験タスクは、被験者の周りに生成される 10 体のアバタを、身長が大きい順、あるいは自身から距離が近い順など、タスク開始前に指示された順に選択する。タスクの詳細は後述する。アバタの選択は、コントローラの先端から伸びた光線を目的のアバタにあて、ボタンをクリックすることで行う。評価には、アバタを正しい順番で選択したかを表すケンドール順位相関関数（順位の逆転を値に反映することができ、1 に近いほど正しい順位関係を表す指標）と、タスクの完了時間を用いる。なお、実験は Unity で構築した仮想空間内で行い、アバタはユニティちゃん（© UTJ/UCLL）、HMD は Vive pro 2 を用いる。実験被験者は VR 利用経験のある 3 名で、実験を行う前に提案手法とミラー型オーバーレイの操作に慣れるために、練習時間をそれぞれ 5 分ほど設けた。被験者が 1 つの手法を終えるごとに、手法の快適性や疲労を評価するために SSQ を用いたアンケートの収集を行い、次の実験をする前に 15 分から 30 分ほど休憩をした。

4.1 タスク 1：大きさ順認識

被験者を中心に生成された 10 体の大きさの異なるアバタの中から、身長が大きい順番にアバタを選択するタスクを行う。アバタの身長は、70cm から 205cm の間で 15cm 刻みとしている。アバタは、被験者を中心とする半径 5m の円周状に等間隔（中心角で 36 度ごと）に配置されている。

4.1.1 タスク 2：距離順認識

被験者を中心に生成された 10 体の距離が異なるアバタの中から、自身に距離が近い順番にアバタを選択するタスクを行う。アバタの身長は 150cm に固定している。アバタは、被験者を中心とする円の中心角で 36 度ごとに配置されているが、被験者とアバタ間の距離は 2 から 12m までそれぞれ異なる。

5. 結果

図 2 にタスク別の各手法の姿勢条件ごとのアバタ順位選択結果を、被験者 3 人のケンドール順位相関係数の平均の値を用いて表す。両タスクにおいて提案手法は、ケンドール係数の平均が座位、仰向けどちらの姿勢条件でも他の手法と比較して高い値を示し、特に座位での大きさ順認識タスクにおいては、全ての被験者が正しい順番でアバタを選択できていた。また、仰向け姿勢と座位姿勢を比較すると、提案手法と既存手法は両タスクにおいて仰向け姿勢のほう

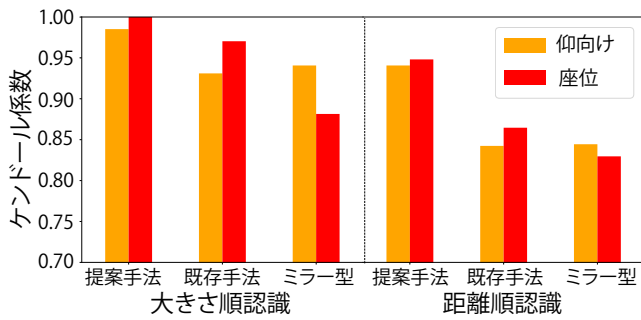


図 2 2つのタスクにおける、各手法の姿勢条件ごとのケンドール順位相関係数。

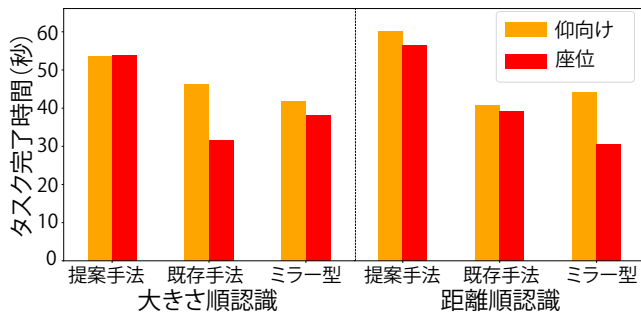


図 3 2つのタスクにおける、各手法の姿勢条件ごとのタスク完了時間。

がケンドール係数が低く、座位姿勢よりアバタの立体感や距離感の認識能力が下がった。一方、ミラー型は両タスクにおいて座位姿勢のほうがケンドール係数が低く、仰向け姿勢のほうがアバタの認識能力が高かった。図 3 に 2 つのタスクにおける、各手法の姿勢条件ごとの被験者のタスク完了時間の平均を示す。提案手法は両タスクにおいて、座位、仰向けどちらの場合でもタスク完了時間がほかの手法より遅かった。また、仰向け姿勢と座位姿勢のタスク完了時間を比較すると、大きさ順認識では、提案手法のタスク完了時間はほぼ同じで、既存手法とミラー型は仰向け姿勢のほうが時間がかかった。もう一つのタスクである、距離順認識での姿勢の違いによるタスク完了時間を比較すると、全ての手法が仰向け姿勢のほうが時間がかかった。総合的には仰向け姿勢のほうが、座位姿勢よりタスク完了に時間がかかる傾向にある。これらの結果より提案手法は、座位、臥位どちらにおいても、オブジェクトの立体感や距離感を従来の方法より正しく認識することができるが、オブジェクトを選択するのに時間がかかることがわかった。SSQ アンケートの結果、提案手法は従来手法に比べ低い SSQ-TS スコアを示しており、提案手法での視点操作は従来手法での視点操作より酔いや不快感が少ない可能性を示した（提案手法：41.14，従来手法：51.09，ミラー型オーバーレイ：39.87）。“従来手法と比べて頭を動かす量や、コントローラで視点を動かす量が減ったと感じたか”というアンケートでは提案手法は、2 人がややそう思う、1 人がどちらでもないと答え、従来手法と比較して、視点操作量

が減少される傾向を示した。

6. まとめ

臥位姿勢を想定した、半透明の立体オーバーレイを用いた視野外の情報提示手法を提案し、従来手法とミラー型のオーバーレイとの比較を行った。その結果、提案手法は立体感や距離感を認識するタスクにおいて、オブジェクトの選択に時間がかかるが、座位、臥位どちらの場合でも従来手法より正しく認識していたことがわかった。

参考文献

- [1] Benda, B., Sargunam, S. P., Nourani, M. and Ragan, E. D.: An Evaluation of View Rotation Techniques for Seated Navigation in Virtual Reality, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 30, No. 7, pp. 4257–4270 (2024).
- [2] Chittaro, L. and Burigat, S.: 3D location-pointing as a navigation aid in Virtual Environments, *Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces*, AVI '04, p. 267–274 (2004).
- [3] Ardouin, J., Lécuyer, A., Marchal, M., Riant, C. and Marchand, E.: FlyVIZ: a novel display device to provide humans with 360° vision by coupling catadioptric camera with hmd, *Proceedings of the 18th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, VRST '12, p. 41–44 (2012).
- [4] Schjerlund, J., Hornbæk, K. and Bergström, J.: OVRlap: Perceiving Multiple Locations Simultaneously to Improve Interaction in VR, *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '22 (2022).
- [5] Li, N., Zhang, Z., Liu, C., Yang, Z., Fu, Y., Tian, F., Han, T. and Fan, M.: vMirror: Enhancing the Interaction with Occluded or Distant Objects in VR with Virtual Mirrors, *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '21 (2021).