

単眼 AR におけるフリーハンド・インタラクションのための 仮想物体位置知覚強化の試み

Enhancing Perception of Virtual Object Position for Freehand Interaction in Monocular Augmented Reality

山根 愛実[†] 弘中 哲夫[†]

Ami YAMANE Tetsuo HIRONAKA

1. はじめに

拡張現実 (AR) におけるユーザーの正確な位置知覚は、仮想物体との自然なインタラクションを可能にするために不可欠である。近年、AR において仮想物体とのフリーハンドインタラクションを実現する研究が増えており、インタラクションの際にユーザーが手と仮想物体の位置関係を正確に感じ取ることが非常に重要となっている。

手軽に AR が体験可能なスマートフォンのような単眼 AR では、両眼 AR と比較して仮想物体の正確な位置知覚を得る難易度が上がることが知られている。そのため、手の位置にしたがって仮想物体の透明度を変化させる方法 [3]、仮想物体の色や形状を変化させる方法 [1]、仮想物体に影をつけて表示する方法 [2] など、手と仮想物体のより正確な位置関係の把握を実現するための研究が行われている。

同様の目的を達成するために、本研究ではスマートフォンのディスプレイにスマートフォンのカメラ映像を直接用いず人間の視線より高い位置のカメラ映像を表示することで、手と仮想物体のより正確な位置関係の把握を実現する手法を提案する。

本論文ではスマートフォンを用いた単眼 AR において、どのようなディスプレイへの表示がユーザーの位置知覚を向上させるかを実験し、評価した結果を示す。

2. High point view を用いた単眼 AR

本研究では、ユーザーの仮想物体の位置知覚を強化するためにユーザの視点より高い位置からの映像である High point view を用いた AR を検討する。

High point view を用いることで仮想物体を斜め上から視認することになり、単眼 AR であっても通常の画像よりも多くの奥行き情報を含み、通常の単眼 AR の位置知覚の弱さを補強できると考えられる。

しかし、スマートフォンのカメラは一般にディスプレ

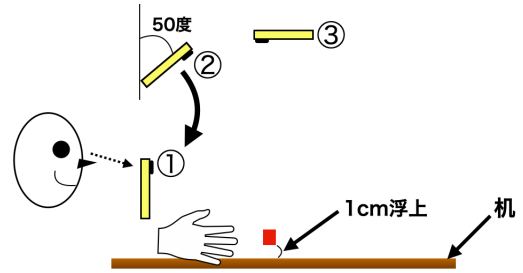


図 1 実験環境

イの裏に取り付けられており、ユーザがディスプレイを注視する姿勢ではこの High point view を実現できない。そのため、そのままでは別途 High point view を撮影するためのカメラが必要となる。

この問題に対し、本研究では通常のカメラ映像に対して射影変換を用いて、低い視点から撮影した画像を高い視点から撮影したかのように変換することで、ユーザーに仮想物体の正確な位置を把握させやすくなる可能性があると考えている。もし、これが可能であれば、カメラを追加することなくスマートフォン一台で完結するため非常に実用的であると考えられる。

本論文では射影変換を用いた High point view を実装する前に、そもそも High point view が単眼 AR において仮想物体とのフリーハンドインタラクションに必要な、ユーザーのより正確な仮想物体の位置知覚が可能か評価する。

3. 評価実験内容

スマートフォンを用いた単眼 AR において、以下の 3 つの視点をユーザに提供した場合において、ユーザーがフリーハンドで仮想物体とインタラクションする際の仮想物体の位置知覚を評価した。

- (1) Normal point view: ユーザーがスマートフォンのディスプレイを注視している時のカメラ映像
- (2) Normal point with shadow view: (1) かつ、仮想物体から机の上面に影を落としている
- (3) High point view: ユーザーの視点より高い位置のカメラ映像

[†] 広島市立大学大学院情報科学研究科 Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University



図 2 Normal point view



図 3 Normal point with shadow view



図 4 High point view

評価実験では、机から 1cm 浮上した 1cm² の赤いボックスの仮想物体を 3つの視点から撮影したものをスマートフォンのディスプレイを通じてユーザーに提供した。

ユーザーには、仮想物体が浮上している位置と認識した机上の位置を手をさまよわせることなく利き手の人差し指で指すよう指示をした。この時、動作に時間制限を設けなかった。また、仮想物体はユーザーごとに位置をランダムに変更し、1ユーザーが行う 3つの実験間では同じ位置に配置した。

なお、視点 (2) は影を落とすことで位置知覚を強化した [2] を参考にし、仮想物体の直下に影を落とすことで仮想物体の机上の浮上位置を知覚しやすくすることを意図したものである。

4. 実験環境

評価実験の環境を図 1 に示す。実験では①②③の 3台のカメラ付きスマートフォンを用いた。実験中ユーザは①のディスプレイを注視して仮想物体の位置を知覚する。

Normal point view は①のカメラ映像に仮想物体をそのまま AR 合成したものを①のディスプレイからユーザーに提示する。また、Normal point with shadow view は、Normal point view に直上の光源からの影を付けて①のディスプレイからユーザーに提示する。

High point view は②のカメラ映像に仮想物体をそのまま AR 合成したものを①のディスプレイからユーザーに提示する。②のカメラの傾きは高い位置からユーザーの手の届く範囲が過不足なく撮影できる角度である 50 度に設定した。③のカメラは、ユーザの仮想物体に対する位置知覚のずれを測定するために用いる。図 2,3,4 にそ

表 1 各実験の位置の誤差と時間

| | Normal | Normal with shadow | High |
|--------------|--------|--------------------|------|
| 誤差の標準偏差 (cm) | 1.87 | 2.09 | 0.97 |
| 時間の標準偏差 (s) | 1.66 | 1.32 | 1.73 |

れぞれユーザが①のディスプレイで実験中に見た画面を示す。

5. 評価

実験では各被験者毎に (a) ユーザーの手が机上に入った瞬間から仮想物体があると認識した机上の位置を指すまでの時間、(b) 仮想物体の位置とユーザーが指した位置との誤差、の 2 点を測定した。測定は男性 9 名、女性 1 名の計 10 名について行い、表 1 の結果を得た。

表 1 の結果より、Normal point view と Normal point with shadow view の結果から仮想物体に影をつけて表示することで、ユーザーが仮想物体の位置を確信し、指の位置を確定させるまでの時間が短縮されることが示された。しかし、仮想物体との位置の誤差は最も大きく、精密な操作が必要な場合には影をつけるだけでは不十分だと考えられる。

一方 High point view の場合は仮想物体との位置の誤差は最も小さく、精密な操作が必要な場合に有用な手法であることが示された。

6. まとめ

本研究では、スマートフォンを用いた単眼 AR においてユーザーがフリーハンドで仮想物体とインタラクションをする際、どのような表示がユーザーの位置知覚を向上させるかを評価した。その結果、High point view が仮想物体とのフリーハンドインタラクションにおいて有効であることが明らかになった。今後の課題として、High point view を一台のスマートフォンで実現できるようにカメラ画像を射影変換する手法の実現があげられる。

参考文献

- [1] Tiffany D Do, Joseph J LaViola, and Ryan P McMahan. The effects of object shape, fidelity, color, and luminance on depth perception in handheld mobile augmented reality. In *2020 IEEE International symposium on mixed and augmented reality (ISMAR)*, pp. 64–72. IEEE, 2020.
- [2] Rebecca L Hornsey and Paul B Hibbard. Distance misestimations can be reduced with specific shadow locations. *Scientific Reports*, Vol. 14, No. 1, p. 9566, 2024.
- [3] Jiaju Ma, Jing Qian, Tongyu Zhou, and Jeff Huang. Focalpoint: Adaptive direct manipulation for selecting small 3d virtual objects. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, Vol. 7, No. 1, pp. 1–26, 2023.