

VR 環境向けの視線を用いた 3 次元バブルカーソルの提案

平井 李音* 富永 浩暉* 横山 海青* 志築 文太郎†

概要. ポインティングは VR 環境においてもターゲットを選択するための基本的な操作であり、近年アイトラッキングに基づいたハンズフリー手法も用いられるようになってきている。一方で、VR においてはターゲット群が異なる奥行にて表示されるため、ターゲットが他のターゲットに一部遮蔽されるあるいは完全に遮蔽されることによりオクルージョン問題が生じ、ポインティングに支障をきたす。そこで、我々は小さい、あるいは密集したターゲット群から任意のターゲットを選択することに長ける動的エリアカーソル法を用いることを考え、その 1 つである Bubble Gaze Cursor を 3 次元に拡張した VR 環境向けのポインティング手法を実装している。ユーザはこの手法を用いてポインティングを行うことにより、オクルージョンによる影響が軽減される。

1 はじめに

ポインティングは Virtual Reality (以降, VR) 環境においてもターゲットを選択するための基本的な操作である。近年, VR 環境におけるポインティングではアイトラッキングに基づいたハンズフリー手法も用いられるようになってきている [5, 6]。

一方で, VR 環境においては複数のターゲットが異なる奥行にて表示されうることから, ターゲットが他のターゲットに一部遮蔽されるあるいは完全に遮蔽されることにより選択が困難あるいは不可能になるというオクルージョン問題が生じる。ターゲットが他のターゲットに一部遮蔽されている(すなわち, 一部は見えている)場合でも, ターゲットとカーソルを接触させることによるポインティング手法では, その見えている部分にカーソルを接触させ続けることがその部分が小さい場合には難しいため, ポインティングに支障をきたす。

この問題を軽減するために, 我々は小さい, あるいは密集したターゲット群から任意のターゲットを選択することに長ける動的エリアカーソル法を用いることを考えた。特に, 本研究では Bubble Gaze Cursor [9] を 3 次元に拡張したポインティング手法を実装した。Bubble Gaze Cursor は 2 次元動的エリアカーソル法の 1 つであり, 視線にて操作される。

2 関連研究

本節では, バブルカーソルに関する研究, および VR 環境における視線によるポインティングに関する

研究を述べる。

2.1 バブルカーソル

ポインティングにおいて, 点のカーソル [3] を用いて面のターゲットを選択すること, および面のカーソル (エリアカーソル) [2, 7] を用いて点のターゲットを選択することは, 選択時間の観点において同じ意味を持つ。しかし, エリアカーソルは一定の面積を持つため, ターゲットが密集している状況においてはカーソルが複数のターゲットを含むことになり 1 つのターゲットを選択することができない。この問題を解消するためにバブルカーソル [1] が提案されている。バブルカーソルは, カーソルおよびターゲットの位置をもとにして, 常にターゲットを 1 つだけ含むような大きさにカーソルの大きさを動的に変更し続ける円のエリアカーソルである。このバブルカーソルを視線インタフェースにて行った手法として崔らの Bubble Gaze Cursor [9] がある。

2.2 VR 環境における視線によるポインティング

これまでに, VR 空間におけるオクルージョン問題を解決するための研究が行われてきた。Sidenmark ら [6] は, VR 空間において遮蔽されたターゲットの輪郭を周回するオブジェクトを配置し, その動きに併せて視線を動かすことによるターゲット選択手法を提案した。Piumsomboon ら [5] は, ユーザの注視した領域内にある全てのオブジェクトを異なる方向へ運動させ, その時のユーザの眼球運動によって遮蔽されたターゲットを選択する手法を提案した。これらの手法では, 遮蔽されたターゲットを注視した後にターゲットを選択するための視線によるジェスチャを行う必要がある。

一方, 我々の手法ではこれらの手法と異なり, ユーザはターゲットを注視し続けるのみにより選択を行える。

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 筑波大学 情報理工学位プログラム

† 筑波大学 システム情報系

3 実装

我々は、2次元動的な動的エリアカーソル法の1つである Bubble Gaze Cursor [9] を3次元に拡張した VR 環境向けのポインティング手法を実装した。以下に、その実装環境およびポインティング方法を示す。

3.1 実装環境

本研究において用いた Head Mounted Display (以下, HMD) はアイトラッカを標準で搭載している HTC VIVE Pro Eye であり, コンピュータは HP OMEN by HP 17-an012TX (Intel® Core™ i7-7700HQ, 16 GB RAM, NVIDIA® GeForce® GTX 1070, Windows 10) である。また, Unity 環境において C# を用いてアプリケーションを実装した。

3.2 ポインティング方法

本手法のポインティングは, 3次元的に拡張したバブルカーソル [1] を視線にて操作することにより行われる。HMD に搭載されたアイトラッキングデバイスにより, ユーザの3次元動的な焦点座標を取得する。取得した焦点の座標と選択可能なターゲット群の座標を比較することにより, 最も近いターゲットを算出する。焦点と算出したターゲット間の距離から, そのターゲットのみを含むようなカーソルの半径を計算し, 既存手法 [1, 9] に倣いカーソルとして半透明の赤い球体を表示する (図 1)。このカーソル内に同一のターゲットが 0.6 秒間連続で存在し続けることにより, そのターゲットが選択される。なお, この時間は Zhang らの実験 [8] に従っている。

ユーザは任意のターゲットへ 0.6 秒以上の間視線を向け続ける (焦点を合わせ続ける) ことにより, そのターゲットを含む大きさを持つバブルカーソルが表示されターゲットを選択できる。

なお, バブルカーソルはターゲットを必ず 1 つ含むような大きさに変形するカーソルであるため, つねにいずれかのターゲットを選択している状態となる。そのため, 焦点と最も近いターゲット間の距離が大きすぎる場合, カーソルが巨大化するため, 視界を覆うだけでなく, ユーザがカーソル内に入ることもある。この問題を解決するために我々はカーソルに最大半径を導入した。すなわち, 焦点とターゲットの距離が最大半径より大きくなった場合でもカーソルの大きさはそれ以上大きくならないため, どのターゲットも選択されない。現実装での最大半径は, Oculus の公開している開発者用引き [4] に従い 1 m としている。

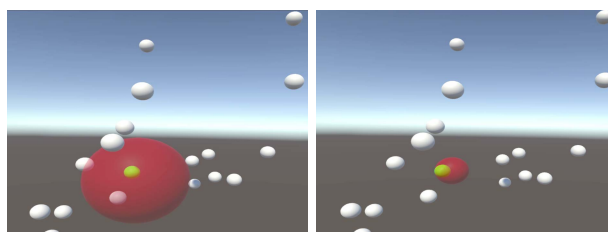


図 1. ポインティングの様子。白色の球体群がターゲット群, 緑色の球体が選択されたターゲット, 半透明の赤色の球体がカーソルである。視線の焦点座標がターゲットの座標に近くなるとカーソルも小さくなる (右)。

4 議論

カーソル内にターゲットを収め続ける時間の参考とした Zhang らの実験 [8] の結果を用いた。しかし, この実験は 2次元における視線インタフェースを対象としたものである。そのため, 3次元における適切な時間を調査する必要がある。

また, カーソルに設けている最大半径に関しても, 1 m が適切であるか調査する必要がある。奥行方向が存在する VR 環境では, 同じ半径 1 m のカーソルであってもターゲットの奥行方向の座標によって実際に見える大きさが異なるため, 最大半径をユーザおよびカーソル間の距離から動的に設定する方が望ましい可能性がある。

5 おわりに

本稿では, VR 空間にて用いる 2次元動的な動的エリアカーソル法の 1 つである Bubble Gaze Cursor [9] を 3次元に拡張したポインティング手法を提案した。本手法では, ユーザの視線の焦点座標に最も近いターゲットを 1 つだけ含むような大きさにカーソルの大きさが動的に変化し続けることにより, ポインティングを行える。

今後は本手法のポインティング性能を評価するために, 視線カーソルあるいは HMD の専用コントローラによるレイキャストを用いたポインティングにて比較実験を行い, ポインティング速度, オクルージョン問題下におけるポインティング精度, 作業負荷, およびユーザビリティなどの計測および分析を行う。また, これまでにエリアカーソル法を 3次元的に拡張して VR および AR 環境において使用感を計測した事例はないため, 先駆的な知見が得られると考えている。

6 謝辞

本研究は科学研究費助成事業 21H03472 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] T. Grossman and R. Balakrishnan. The Bubble Cursor: Enhancing Target Acquisition by Dynamic Resizing of the Cursor's Activation Area. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '05*, pp. 281–290, New York, NY, USA, 2005. Association for Computing Machinery.
- [2] P. Kabbash and W. A. S. Buxton. The “Prince” Technique: Fitts' Law and Selection Using Area Cursors. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '95*, pp. 273–279, USA, 1995. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co.
- [3] P. Majoranta and K.-J. R  ih  . Twenty Years of Eye Typing: Systems and Design Issues. In *Proceedings of the 2002 Symposium on Eye Tracking Research and Applications, ETRA '02*, pp. 15–22, New York, NY, USA, 2002. Association for Computing Machinery.
- [4] Oculus. Vision | Oculus Developers. <https://developer.oculus.com/resources/bp-vision/>.
- [5] T. Piumsomboon, G. Lee, R. Lindeman, and M. Billinghurst. Exploring Natural Eye-gaze-based Interaction For Immersive Virtual Reality. In *2017 IEEE Symposium on 3D User Interfaces*, pp. 36–39, 2017.
- [6] L. Sidenmark, C. Clarke, X. Zhang, J. Phu, and H. Gellersen. Outline Pursuits: Gaze-Assisted Selection of Occluded Objects in Virtual Reality. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '20*, pp. 1–13, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery.
- [7] A. Worden, N. Walker, K. Bharat, and S. Hudson. Making Computers Easier for Older Adults to Use: Area Cursors and Sticky Icons. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '97*, pp. 266–271, New York, NY, USA, 1997. Association for Computing Machinery.
- [8] X. Zhang, P. Xu, Q. Zhang, and H. Zha. Speed-Accuracy Trade-off in Dwell-Based Eye Pointing Tasks at Different Cognitive Levels. In *Proceedings of the 1st International Workshop on Pervasive Eye Tracking; Mobile Eye-Based Interaction, PETMEI '11*, pp. 37–42, New York, NY, USA, 2011. Association for Computing Machinery.
- [9] 崔明根, 坂本大介, 小野哲雄. Bubble Gaze Cursor : バブルカーソル法の視線操作への適用. 情報処理学会論文誌, 61(2):221–232, 2020.