

# AR空間内におけるカーソルのターゲットへの吸着を用いたターゲット選択手法の試作

石井 奏多\* 角田 陸† 志築 文太郎‡

**概要.** ヘッドマウントディスプレイ（以降、HMD）により実現されるAR空間内において、ターゲット選択は基本的なタスクの一つであり、ユーザは手を用いて直接仮想オブジェクトの選択を求められることが多い。しかし、仮想オブジェクトが手の手前に表示されてしまうため、ユーザは自身の手の位置を把握しづらいという問題がある。この問題は、既存のAR用HMDにおいて、ユーザの手の上にカーソルを重ねることにより解決される。しかし、手のトラッキング性能の限界から、快適なターゲット選択が難しい。そこで我々は、カーソルのターゲットへの吸着（以降、カーソルスナップ）を用いてAR空間内におけるターゲット選択を補助する手法を検討する。カーソルスナップは、様々なインタフェースにて有効であることが示されている。本稿では、カーソルがターゲットの一定範囲内にあるときにターゲットの中心に移動するカーソルスナップの実装を報告する。

## 1 はじめに

ヘッドマウントディスプレイ（以降、HMD）により実現されるAR空間内において、ターゲット選択は基本的なタスクの一つである。特に、ユーザは手を用いて直接仮想オブジェクトの選択を求められることが多い。ゆえに、本研究では、ユーザの手の届く距離にあるターゲットの選択に注目する。

手の届く距離のターゲット選択においては、一般的に、手を用いて直接仮想オブジェクトを操作するハンドジェスチャ [1] が利用される。ハンドジェスチャを用いたターゲット選択には、専用デバイスが不要、および初心者にとって容易な操作が可能といった利点がある。一方、仮想オブジェクトがユーザの手の手前に表示されてしまうため、ユーザは自身の手の位置を把握しづらいという問題がある。

この問題は、既存のAR用HMDにおいて、ユーザの手の上にカーソルを重ねることにより解決される。例として、AR用HMDであるMicrosoft HoloLens 2においては、指先カーソル（図1a）およびハンドメッシュ（図1b）がカーソルとしてサポートされている。しかし、今日の手のトラッキング性能の限界から、快適なターゲット選択が難しいという問題 [6] がある。

そこで我々は、カーソルのターゲットへの吸着（以降、カーソルスナップ）を用いてハンドジェスチャによるターゲット選択を補助する手法を検討してい

る。カーソルスナップとは、カーソルがターゲットの一定範囲内（以降、吸着範囲）にあるとき、カーソルがターゲットの中心に移動する、またはカーソルの動きが遅くなるといったものである。これまでに、GUIにおけるマウス操作 [7, 13, 16]、および公共の場に設置された大型ディスプレイ（以降、パブリックディスプレイ）におけるフリーハンドポインティング [9] などにてカーソルスナップがターゲット選択性能向上に有効であることが示されてきた。ゆえに、AR空間内におけるハンドジェスチャを用いたターゲット選択においてもカーソルスナップが有効である可能性がある。

本稿においては、カーソルが吸着範囲内にあるときにターゲットの中心へ移動するカーソルスナップ（図2）の実装を報告する。なお、カーソルには指先カーソル（図1a）およびハンドメッシュ（図1b）の2種類を用いた。

## 2 関連研究

本節では、AR空間内におけるターゲット選択に関する研究、およびカーソルスナップに関する研究を述べる。

### 2.1 AR空間内におけるターゲット選択

既存のAR用HMDにおいて、AR空間内におけるターゲット選択には、ハンドジェスチャを用いる方法 [1]、ユーザの手のひらから伸びるレイ（以降、ハンドレイ）を用いる方法 [3]、および視線を用いる方法 [5, 11] が使用される。HeadCrusher [12] およびGaze&Finger [8] は、視線によりターゲットを指した後、視線上に手を重ねることによってターゲットを選択する手法である。Gaze&Handray [14] は、

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 情報メディア創成学類

† 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

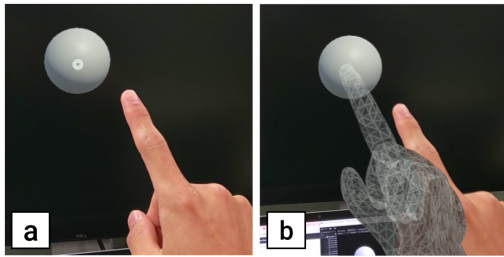


図 1. 2 種類のカーソルがターゲットに吸着する様子。  
a: 指先カーソル. b: ハンドメッシュ.

ハンドレイおよび視線の両方によりターゲットを指すことによってターゲットを選択する手法である。また、Wei ら [15] は、ユーザ行動モデルに基づきターゲット選択を予測することによってターゲット選択を支援した。

## 2.2 カーソルスナップ

カーソルスナップは、マウス操作 [7, 13, 16], 視線入力 [18], フリーハンドポインティング [9, 10], および携帯型デバイスによる操作 [4] などの様々なインタフェースにて有効であることが示されている。例として、Snap-to-Target [10] は、テーブルトップ型ディスプレイにおけるフリーハンドポインティングにおいて、カーソルがターゲットの吸着範囲内にあるとき、ターゲットの中心に移動する手法である。また、Magnetic Cursor [9] は、パブリックディスプレイにおけるフリーハンドポインティングにおいて、カーソルがターゲットの吸着範囲内にあるとき、カーソルがターゲット上に移動し、かつカーソルの動きが遅くなる手法である。

## 3 試作システム

本節では、試作システムの実装環境および仕様を述べる。

### 3.1 実装環境

デバイスには、ハンドトラッキングをサポートする AR 用 HMD である Microsoft HoloLens 2 を用いた。また、アプリケーションの実装には、Unity および Mixed Reality Toolkit 2 を用いた。

### 3.2 仕様

本システムの概要を図 2 に示す。また、本システムが実際に動作する様子を図 1 に示す。カーソルには、Microsoft HoloLens 2 にてサポートされている指先カーソル (図 1a) およびハンドメッシュ (図 1b) を用いた。これらのカーソルは、ハンドトラッキングされたユーザの手の上に重ねられ、ユーザの手と同期して動く。ユーザの手がターゲットの吸着範囲内に入ると、カーソルはターゲットの中心に移

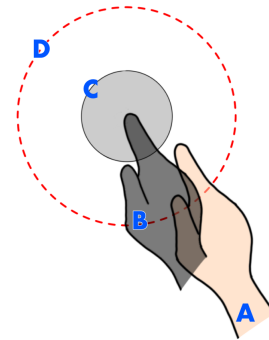


図 2. 試作システムの概要。ユーザの手がターゲットの吸着範囲内に入ると、カーソルはターゲットの中心に移動する。A: ユーザの手. B: カーソル (指先カーソル, ハンドメッシュ). C: ターゲット. D: 吸着範囲.

動する。そして、ユーザの手が再び吸着範囲の外に出るまで、カーソルはターゲットの中心に留まる。本システムでは、ターゲットは球形とし、吸着範囲をターゲットの半径に対し 0% から 200% の値に自由に設定できるようにした。また、ユーザは人差し指により、ターゲットをポインティングし、エアタップ [2] により選択を確定する。エアタップとは、人差し指を用いて上から下にタップするようなハンドジェスチャである。エアタップの直前にカーソル (ハンドメッシュの場合は、ハンドメッシュの人差し指の先端) が触れていたターゲットが選択される。

## 4 まとめおよび今後の課題

本稿では、AR 空間内におけるハンドジェスチャによるターゲット選択を補助するため、カーソルスナップを用いたターゲット選択手法を試作した。一方カーソルはユーザの手の上に重ねられ、ユーザの手の動きに同期して動くため、ユーザはカーソルに自己所有感を感じる可能性がある [17]。ゆえに、カーソルスナップによりカーソルがユーザの手から離れてしまうことが、ターゲット選択に悪影響を与える可能性がある。また、カーソルの種類によって、カーソルスナップによる効果は異なる可能性がある。さらに、AR 空間内における適切な吸着範囲についても明らかではない。そこで、我々は、試作システムを用いてこれらがターゲット選択性能に与える影響について調査する。そして、調査結果を元に、各パラメータの最適化を図ることによって試作システムを発展させる。また、カーソルの動き方 (カーソルをターゲットの中心に移動させる、カーソルの動きを遅くするなど) の検討、および他手法との組み合わせなどを通して、更にターゲット選択性能を向上させる。

## 参考文献

- [1] Direct manipulation with hands. <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/design/direct-manipulation> (最終閲覧日: 2023年10月31日) .
- [2] Getting around HoloLens 2. <https://learn.microsoft.com/en-us/hololens/hololens2-basic-usage#select-using-air-tap> (最終閲覧日: 2023年10月31日) .
- [3] Point and commit with hands. <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/design/point-and-commit#hand-rays> (最終閲覧日: 2023年10月31日) .
- [4] M. Baldauf and P. Fröhlich. Snap Target: Investigating an Assistance Technique for Mobile Magic Lens Interaction With Large Displays. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 30(6):446–458, 2014.
- [5] I. Chatterjee, R. Xiao, and C. Harrison. Gaze+Gesture: Expressive, Precise and Targeted Free-Space Interactions. In *Proceedings of the 2015 ACM on International Conference on Multimodal Interaction, ICMI '15*, pp. 131–138, New York, NY, USA, 2015. Association for Computing Machinery.
- [6] Y. Ghazwani and S. Smith. Interaction in Augmented Reality: Challenges to Enhance User Experience. In *Proceedings of the 2020 4th International Conference on Virtual and Augmented Reality Simulations, ICVARs 2020*, pp. 39–44, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery.
- [7] Y. Guiard, R. Blanch, and M. Beaudouin-Lafon. Object Pointing: A Complement to Bitmap Pointing in GUIs. In *Proceedings of Graphics Interface 2004*, GI '04, pp. 9–16, Waterloo, CAN, 2004. Canadian Human-Computer Communications Society.
- [8] M. N. Lystbæk, P. Rosenberg, K. Pfeuffer, J. E. Grønbaek, and H. Gellersen. Gaze-Hand Alignment: Combining Eye Gaze and Mid-Air Pointing for Interacting with Menus in Augmented Reality. In *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, Vol. 6, pp. 1–18, New York, NY, USA, 2022. Association for Computing Machinery.
- [9] V. Mäkelä, T. Heimonen, and M. Turunen. Magnetic Cursor: Improving Target Selection in Freehand Pointing Interfaces. In *Proceedings of The International Symposium on Pervasive Displays, PerDis '14*, pp. 112–117, New York, NY, USA, 2014. Association for Computing Machinery.
- [10] J. K. Parker, R. L. Mandryk, M. N. Nunes, and K. M. Inkpen. TractorBeam Selection Aids: Improving Target Acquisition for Pointing Input on Tabletop Displays. In M. F. Costabile and F. Paternò eds., *Human-Computer Interaction - INTERACT 2005*, pp. 80–93, Berlin, Heidelberg, 2005. Springer Berlin Heidelberg.
- [11] K. Pfeuffer, B. Mayer, D. Mardanbegi, and H. Gellersen. Gaze + Pinch Interaction in Virtual Reality. In *Proceedings of the 5th Symposium on Spatial User Interaction, SUI '17*, pp. 99–108, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.
- [12] J. S. Pierce, A. S. Forsberg, M. J. Conway, S. Hong, R. C. Zeleznik, and M. R. Mine. Image Plane Interaction Techniques in 3D Immersive Environments. In *Proceedings of the 1997 Symposium on Interactive 3D Graphics, I3D '97*, pp. 39–43, New York, NY, USA, 1997. Association for Computing Machinery.
- [13] S. Trewin, S. Keates, and K. Moffatt. Developing Steady Clicks: A Method of Cursor Assistance for People with Motor Impairments. In *Proceedings of the 8th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, Assets '06*, pp. 26–33, New York, NY, USA, 2006. Association for Computing Machinery.
- [14] U. Wagner, M. N. Lystbæk, P. Manakhov, J. E. S. Grønbaek, K. Pfeuffer, and H. Gellersen. A Fitts' Law Study of Gaze-Hand Alignment for Selection in 3D User Interfaces. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '23*, pp. 252:1–252:15, New York, NY, USA, 2023. Association for Computing Machinery.
- [15] Y. Wei, R. Shi, D. Yu, Y. Wang, Y. Li, L. Yu, and H.-N. Liang. Predicting Gaze-Based Target Selection in Augmented Reality Headsets Based on Eye and Head Endpoint Distributions. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '23*, pp. 283:1–283:14, New York, NY, USA, 2023. Association for Computing Machinery.
- [16] 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.
- [17] Y. Yuan and A. Steed. Is the Rubber Hand Illusion Induced by Immersive Virtual Reality? In *2010 IEEE Virtual Reality Conference (VR)*, pp. 95–102, 2010.
- [18] S. Zhang, Y. Tian, C. Wang, and K. Wei. Target Selection by Gaze Pointing and Manual Confirmation: Performance Improved by Locking the Gaze Cursor. *Ergonomics*, 63(7):1–24, 04 2020.