

ARグラスとスマホの回転を用いたインタラクション

武田 和太* 真鍋 宏幸*

概要. スマホの画面周辺に映像を追加で表示することで、ユーザに新たな視聴体験やインタラクションを提供できる。しかし、スマホの動きに合わせてシームレスに拡張するためには、スマホをトラッキングする必要がある。既存手法では、事前のセットアップが必要であることや、都度マーカを取り付ける手間が生じるなどの課題があった。それに対し我々は、スマホを持つ指の位置からスマホの位置をトラッキングする手法を提案してきたが、スマホの角度は推定していなかった。そこで本論文では、ハンドトラッキングを用いてスマホの角度も推定し、スマホの回転を利用したインタラクションを提案する。複数のアプリケーションを作成し、提案手法の有用性を確認した。

1 はじめに

既存のディスプレイ周辺に追加で映像を表示することで、ユーザに新たな映像視聴体験を提供できる。例えば、テレビの周辺に、内容に関連したARオブジェクトを表示することで、より魅力的な映像視聴体験を提供できる [6]。他にも、プロジェクタを用いてテレビの周辺に映像を表示させることで、映像への没入度やゲーム体験を向上させることができる [2]。これらの手法は、テレビが固定されているため位置をトラッキングする必要がない反面、テレビが設置できる環境に利用場所が限定されてしまう。一方で、スマホなどのモバイルデバイスを利用する方法もある。これによりディスプレイを移動できるが、動きに追従させるためにはディスプレイをトラッキングする必要がある。外部センサであるモーションキャプチャシステムを使用して精度よくトラッキングを行い、タブレットの画面を拡張した研究 [4] があるが、事前にセットアップされた環境でしか利用できない。一方で、外部センサを利用せずにスマホをトラッキングする方法がある。例えば、スマホにQRコードを取り付ける手法 [1] があるが、都度スマホにマーカを取り付ける必要がある。他にも、スマホに内蔵されているIMUセンサと背面カメラを用いてスマホの自己位置推定を行っている研究がある [3]。スマホに内蔵されているセンサを利用して、センサが内蔵されていない物理オブジェクトには適用できない。

我々は、ARグラスとスマホのみを使用し、ハンドトラッキングによってスマホの位置を推定し、スマホの画面を拡張する手法 [7] を提案してきた。これは事前のセットアップやマーカが不要であるが、スマホの角度は推定しておらず、スマホが特定の角

度の場合のみシームレスな拡張が可能であった。

2 提案手法

本研究では、先行研究 [7] を拡張し、ARグラスのハンドトラッキングを用いて、ARグラスとスマホの回転を利用したインタラクションを提案する。スマホの持ち方を予め決めておくことで、スマホに対する指の位置関係が固定される。そのため、ハンドトラッキングで得られる指の位置から、スマホの位置と角度を推定できる。以前の実装では、スマホを持った指の位置からスマホの位置のみを推定しており、スマホを回転させると視覚的な不整合が起きていた。一方、本研究では、スマホの角度が変化してもシームレスに画面拡張し続けることや、スマホの傾きを入力として扱うことが可能になる。また、ARグラスで取得できるデータのみを利用するため、4.2節に示すように、マーカなどを取り付けることなくスマホ以外の物理オブジェクトもトラッキングできる。他にも、スマホを回転させるという点に着目した場合、対面にいる人とのスマホのディスプレイを用いたインタラクションにも応用が可能となる。

3 実装

ARグラスに HoloLens 2、スマホには OPPO Find X3 Pro を用いて実装を行った。HoloLens 2にはハンドトラッキング機能が備わっており、ライブラリを利用することで簡単に精度良く指の位置を取得できる。今回は、スマホの四隅を両手の親指と人差し指で把持し、その指で囲まれてできる長方形をスマホのディスプレイ面と推定する。スマホの位置と角度の推定には、最小二乗法を用いた。スマホを持っている指の座標から、スマホの対応する頂点までの距離の二乗和が最小になるようなスマホのディスプレイ面を求めている。スマホの大きさと4つの指の座標の14個のパラメータから、スマホの中心座

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.

* 芝浦工業大学

標と回転角の6個のパラメータを推定していることになる。スマホには、ARグラスの映像の内、スマホがある範囲の映像のみを表示させる。一方ARグラスでは、スマホがある範囲に黒色のマスク処理（マスク処理された範囲にARグラスは何も表示しない）を行う。これにより、ユーザはARグラスの映像とスマホの映像を合わせた映像を視聴できる。ARグラスとスマホの両方のアプリケーションはUnityで作成し、Holographic Remoting Playerを用いて、PCで処理した映像をHoloLens 2に表示させる。

4 アプリケーション

提案手法を用いた複数のアプリケーションの実装を行った。

4.1 3D オブジェクトの断面表示

スマホのディスプレイ面で3Dオブジェクトをカットしたときの断面が見えるアプリケーションを作成した。図1(A)のように、3Dオブジェクトは白色、スマホを切断面としたときの断面は赤色でそれぞれ表示する。3DCADツールでは、断面を見るために、平面を作成して移動距離や角度をそれぞれ入力するため、複雑な操作が必要である。しかし、このアプリケーションでは、平面の移動や角度をスマホの動きだけで入力でき、滑らかに断面を切り替えることができる。既存研究[5]でも、タブレットを動かすことで断面を変化させることはできていた。しかし、タブレットのトラッキングにモーションキャプチャシステムを使用しており、利用環境が限定されていた。それに対し、提案手法を用いた場合、特別なセットアップが必要ないため、教育現場や家庭などへの導入が容易になる。なお、以前の実装でも3Dオブジェクトの断面を見ることができていた。しかし、ユーザの正面の方向からの断面しか見ることができなかった。本アプリケーションは、ユーザの視点とは独立して、断面の角度を自由に変えられる点で異なる。

4.2 スマホ以外の物理オブジェクトの利用

オブジェクトの四隅を持った指の座標から、オブジェクトの位置と角度を推定しているため、手で持てる大きさの、スマホ以外の物理オブジェクトもトラッキング可能である。スマホのときと同様にオブジェクトの四隅を両手で把持し、オブジェクトを1つの面と見なしたときの位置と角度を、4つの指の座標から推定する。ディスプレイが備わっていないオブジェクトを把持する場合は、マスク処理は行わない。今回は、物理オブジェクトをARグラスのコントローラとして使用した、球転がしアプリケーションを実装した。これは、オブジェクトの傾きを変化させることで球の軌道を変え、ゴールを目指すアプリケーションである。このようにハンドトラッキン

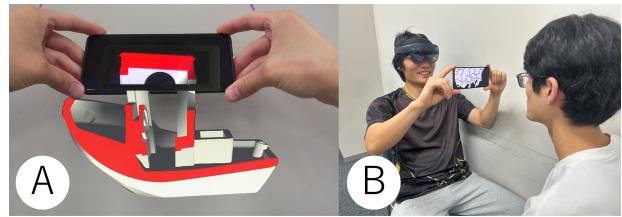


図 1. アプリケーション例. (A) 3D オブジェクトの断面表示, (B) 2人でインタラクションしている様子

グのみを用いて位置と角度を推定することで、身近なオブジェクトをコントローラとして利用することができる。

4.3 AR グラス非装着者とのインタラクション

このアプリケーションは、スマホを非装着者に向けて回転することを前提としており、図1(B)のようにスマホを把持する。これにより、対面にいるARグラス非装着者とインタラクションすることが可能になる。例えば、装着者が見ているものをスマホのディスプレイを通じて非装着者と共有することで、円滑にコミュニケーションを取ることができる。また、装着者と非装着者が見ているディスプレイが異なることを利用し、それぞれに異なる映像を提供することで、非対称な情報に基づくインタラクションを実現することもできる。アプリケーション体験中にスマホを回転させてしまうと、非装着者はスマホのディスプレイが見づらくなるため、装着者はスマホを回転させないように平行移動させる。また、装着者はスマホのディスプレイが見えないため、マスク処理は行わない。今回は例として、非装着者が出題者、装着者を回答者とした、日本の都道府県の場合当てクイズを実装した。初めに、スマホにだけ答えとなる都道府県が表示される。その後、ARグラスには日本地図全体が、スマホにはARグラス装着者から見てスマホと重なっている範囲の都道府県が表示される。出題者はヒントを伝え、回答者は該当の都道府県にスマホの位置を合わせて回答する。出題者も、回答者が見ている範囲を知ることができるため、お互いにコミュニケーションをとりながらクイズを体験することができる。

5 まとめ

本研究では、ARグラスのハンドトラッキングを用いて、スマホの回転を利用したインタラクションの提案と実装を行った。提案手法を用いることで、周囲の物理オブジェクトをコントローラとして利用することや、対面にいるARグラス非装着者とインタラクションすることが可能になる。

参考文献

- [1] N. Chulongsatorn, W. Willett, and R. Suzuki. HoloTouch: Interacting with Mixed Reality Visualizations Through Smartphone Proxies. In *Extended Abstracts of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '23, 2023.
- [2] B. R. Jones, H. Benko, E. Ofek, and A. D. Wilson. IllumiRoom: peripheral projected illusions for interactive experiences. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, p. 869–878, 2013.
- [3] M. Kari and C. Holz. HandyCast: Phone-based Bimanual Input for Virtual Reality in Mobile and Space-Constrained Settings via Pose-and-Touch Transfer. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '23, 2023.
- [4] R. Langner, M. Satkowski, W. Büschel, and R. Dachselt. MARVIS: Combining Mobile Devices and Augmented Reality for Visual Data Analysis. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '21, 2021.
- [5] W. Luo, E. Goebel, P. Reipschläger, M. O. Ellenberg, and R. Dachselt. Exploring and Slicing Volumetric Medical Data in Augmented Reality Using a Spatially-Aware Mobile Device. In *2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, pp. 334–339, 2021.
- [6] P. Saeghe, S. Clinch, B. Weir, M. Glancy, V. Vinayagamoorthy, O. Pattinson, S. R. Pettifer, and R. Stevens. Augmenting Television With Augmented Reality. In *Proceedings of the 2019 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video*, TVX '19, p. 255–261, 2019.
- [7] K. Takeda and H. Manabe. Screen Augmentation Technique Using AR Glasses and Smartphone without External Sensors. In *Extended Abstracts of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '24, 2024.