

移動する複数の人々に異なる映像を提示するディスプレイシステム

鷹取 優弥^{1,a)} 杉浦 裕太¹

概要: 複数の視聴者が単一のディスプレイを視聴する際、視聴者が得られる映像体験は画一的なものであり、個別な映像体験を提供することができているとはいえない。加えて単一ディスプレイでは視聴位置によって映像体験の質が左右されてしまう。既存研究では特殊な環境を必要とし、既存のディスプレイで応用することができない。そこで本研究では既存の単一ディスプレイを用いて複数の視聴者に個別な映像体験を与えることおよび自由移動に対応して映像を提示することを目的とする。複数の視聴者に個別な映像を提示する手法としてピンホールを用いた視線誘導を、自由移動に対応して映像を提示する手法としてトラッキングカメラを用いて視聴者の移動を追跡し常に映像投影先を変化させることを提案する。

1. はじめに

近年、ディスプレイに関する技術は著しく発展し、ウェアラブルデバイスを必要としない裸眼立体視や高解像度の映像提供を実現しているが、複数の視聴者が一つのディスプレイを視聴する際、得られる映像体験は未だ画一的なものとなっており、各個人に個別な体験を提供することができているとはいえない。そこで複数の映像を同時に投影した場合、視聴者の視線は分散されてしまうため、かえって煩雑になってしまい映像体験のクオリティは低下してしまう。また単一ディスプレイでは視聴者の視聴位置は考慮されておらず、視聴位置によっては視線が届かず見えづらいというように映像体験の質が左右されてしまうという現状がある。そこで本研究では単一ディスプレイにおいて個別な映像体験を与えることおよび自由移動に対応して映像を提示することを目的とする。

2. 関連研究

複数の視聴者がそれぞれの視点から異なる映像を視聴するためのアプローチとして Simon [1] や Tripicchio [2], Pfeuffer [3] は視線を用いたマルチビュー画像に対するインタラクションを提案している。Agrawala [4] は2人の視聴者がそれぞれの視点から立体画像を見ることができるとする投影ベースの仮想現実システムを提案し、Kitamura [2] は3人の視聴者がそれぞれの視点から視聴可能な立体ディスプレイを提案している。McGill [5] [6] は異なる仮想インタ

フェースを与えることで1台のTVで2人が別々に操作し異なる画面を視聴可能なシステムを提案し、Kim [7] はTN LCDを用いることで視点位置によって見えるものが異なるTVを開発した。Chen [8], Yan [9], Peterka [10] らはディスプレイの前にマスクを設置し、視差バリアを利用することで、異なる視点から3Dコンテンツを視聴可能にするシステムを提案している。このようにさまざまなアプローチから複数の視聴者に異なる映像を提示するシステムが提案されているが、その多くは立体視あるいはそのために発案されたディスプレイというように既存のディスプレイを活かすことができていない。そこで本研究では既存の一般的なディスプレイを用いて、複数の視聴者に対して個別に映像を提示し、視聴者の自由移動に対応して映像を投影するディスプレイシステムを提案する。

3. 提案手法

本研究ではディスプレイと視聴者の間にピンホールを開けたマスクを設置する。このマスクはディスプレイと同サイズで、等間隔で半径1mmの穴が空いている。位置関係は図1の通りである。視聴者はこのピンホールを通してディスプレイを視聴する、ピンホールを通すことで視聴者による視線をディスプレイ上の特定のピクセルに誘導する。誘導先のピクセルに各視聴者に対応した映像を投影することで複数の視聴者に個別な映像提示を行う。誘導先のピクセルは視聴者、マスク、ディスプレイの位置関係から計算を行う。視聴者の位置データはディスプレイに設置されたトラッキングカメラで取得する。トラッキングカメラを使用することで常に視聴者の位置データを取得し、視聴者の自

¹ 慶應義塾大学

^{a)} takatori.yy@keio.jp

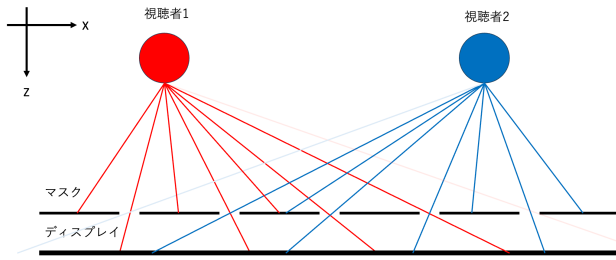


図 1 視聴者, マスク, ディスプレイの位置関係

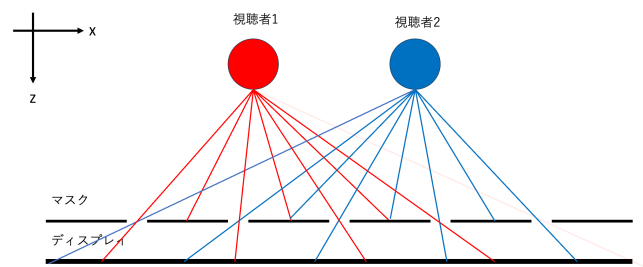


図 2 移動による投影先の変化

由移動に対応する。

4. 原理

4.1 複数人に異なる映像を提示

視聴者による視線をピンホールを用いて制限することでディスプレイ上の特定のピクセルに視線を誘導する。視聴者の視線は図 1 のように表すことができる。マスクにより視聴者による視線は遮られ、ピンホールを通してのみディスプレイが視聴可能となる。そのため、誘導先のピクセルを計算することが可能となり、そのピクセルに各視聴者に個別に対応した映像を投影する。マスク上のあるピンホール (s_i, t_i) による誘導先のピクセルの座標 (u_i, v_i) はディスプレイと視聴者の距離 d_1 、ディスプレイとマスクの距離 d_2 から計算される三角比 d を用いて、以下の式で解散することができる。

$$d = d_1/d_2 \quad (1)$$

$$u_i = x_i + d_1(s_i - x_i) \quad (2)$$

$$v_i = y_i + d(t_i - y_i) \quad (3)$$

この計算を全てのピンホールに対して行うことで映像の一部ではなく全てを個別に提示することが可能となる。

4.2 自由移動への対応

ディスプレイに設置したトラッキングカメラで視聴者の座標を取得し、前述の計算式から投影先のピクセル座標を再計算し続け、投影先のピクセルを変更していくことで視聴者の移動に対応することを可能にする。図 2 は図 1 の視聴者が各々移動した際の視線の変化を表したものである。図 2 のように移動によって各視聴者が誘導されるディスプレイ上のピクセルは変化するが、移動をトラッキングすることで投影先のピクセルを計算することができるので、投影先を変化させ変わらぬ映像体験を提示する。

5. 議論・制約・今後の展望

本研究ではピンホールの穴のサイズを 1mm に決定して実装を行ったが、この 1mm という値が提案システムに対して最適な値であるのかという点には議論の余地がある。今後の展望としてはディスプレイのサイズに対するピンホー

ルの穴のサイズおよびピンホールの数の最適な組み合わせを探索していく。

参考文献

- [1] Simon, A.: Usability of Multiviewpoint Images for Spatial Interaction in Projection-Based Display Systems, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 13, No. 1, pp. 26–33 (online), DOI: 10.1109/TVCG.2007.23 (2007).
- [2] Kitamura, Y., Konishi, T., Yamamoto, S. and Kishino, F.: Interactive stereoscopic display for three or more users, *Proceedings of the 28th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, SIGGRAPH '01*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 231–240 (online), DOI: 10.1145/383259.383285 (2001).
- [3] Pfeuffer, K., Alexander, J. and Gellersen, H.: Multi-user Gaze-based Interaction Techniques on Collaborative Touchscreens, *ACM Symposium on Eye Tracking Research and Applications, ETRA '21 Short Papers*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, (online), DOI: 10.1145/3448018.3458016 (2021).
- [4] Agrawala, M., Beers, A. C., McDowall, I., Fröhlich, B., Bolas, M. and Hanrahan, P.: The two-user Responsive Workbench: support for collaboration through individual views of a shared space, *Proceedings of the 24th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, SIGGRAPH '97*, USA, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., p. 327–332 (online), DOI: 10.1145/258734.258875 (1997).
- [5] McGill, M., Williamson, J. and Brewster, S. A.: It Takes Two (To Co-View): Collaborative Multi-View TV, *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video, TVX '15*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 23–32 (online), DOI: 10.1145/2745197.2745199 (2015).
- [6] McGill, M., Williamson, J. and Brewster, S.: A review of collocated multi-user TV: Examining the changing role of the TV in the multi-viewer, multi-screen home, *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 19, pp. 743–759 (online), DOI: 10.1007/s00779-015-0860-1 (2015).
- [7] Kim, S., Cao, X., Zhang, H. and Tan, D.: Enabling concurrent dual views on common LCD screens, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '12*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 2175–2184 (online), DOI: 10.1145/2207676.2208369 (2012).
- [8] Chen, C.-Y., Chang, M.-C., Ke, M.-D., Lin, C.-C. and Chen, Y.-M.: A novel high brightness parallax barrier stereoscopy technology using a reflective

crown grating, *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 50, No. 6, pp. 1610–1616 (online), DOI: <https://doi.org/10.1002/mop.23435> (2008).

- [9] Zhang, Y., Ji, Q. and Zhang, W.: Multi-view autostereoscopic 3D display, *2010 International Conference on Optics, Photonics and Energy Engineering (OPEE)*, Vol. 1, pp. 58–61 (online), DOI: 10.1109/OPEE.2010.5508106 (2010).
- [10] Peterka, T., Kooima, R. L., Girado, J. I., Ge, J., Sandin, D. J., Johnson, A., Leigh, J., Schulze, J. and DeFanti, T. A.: Dynallax: Solid State Dynamic Parallax Barrier Autostereoscopic VR Display, *2007 IEEE Virtual Reality Conference*, pp. 155–162 (online), DOI: 10.1109/VR.2007.352476 (2007).