

# 高速投影と PDLC を用いた選択的情報提示

宮崎 竜輔\* 宮藤 詩緒\* 小池 英樹\*

**概要.** 本研究では、高速プロジェクタと PDLC を用いて、投影した映像からユーザが能動的に情報を取り出し閲覧できるシステムを提案する。複数の異なる画像を 1 フレームずつ高速投影すると、人間の目では複数の画像が平均化された映像が知覚できる。プロジェクタによる投影に PDLC の透過/不透過の切り替えを同期させ光路上に設置することで、特定のフレームのみを遮り、PDLC 上には一部のフレームが、スクリーン上にはそれ以外のフレームが投影される。この手法を用いることで、PDLC の有無やその透明度変化の時間位相により知覚される映像を変化させることが可能となる。利用例として、情報の少ない投影映像に PDLC デバイスをかざすことで新しい情報が表示される、複数の情報が重なっている映像からデバイスをかざすことで特定の情報のみを取り出し閲覧する、複数のデバイスを用意しかざすデバイスによって得られる情報を変化させるといったものが考えられる。

## 1 はじめに

プロジェクタを用いた情報の提示は様々な場面で行われている。ディスプレイ上に映像を投影する場合と異なり、プロジェクタを用いる場合は、壁や天井など本来ディスプレイでないものをディスプレイとして利用することができる [3, 2]。他に作成した特殊なデバイスなどへ映像を投影することで、表裏で異なる映像を投影する [6]、見る角度によって異なる情報を提示する [5] といったことが可能となる。実物体へのプロジェクション時の映像とのインタラクション方法についても多数の手法が存在する。カメラを用いて手の認識を行う方法や [1]、予め投影面やその付近にマーカを設置し認識する方法などがある [3]。その中でも、本研究では、デバイスを映像にかざすことで、能動的に情報を取り出す手法に着目する。スクリーンへの投影映像の一部を遮り、選択的に一部の情報を取り出すものとしては、PaperLens [4] などが存在するが、カメラによるトラッキングが必要で、また遮られた部分の映像はスクリーンに投影されないオクルージョンの問題もある。

## 2 提案

本研究では、最大 925Hz の高速投影と、電圧によって透明度を変化させることができる素材である PDLC (Polymer Dispersed Liquid Crystal) を用いて、情報を選択的に投影し能動的に閲覧できる技術を提案する。数百 fps 程度の速度で複数の映像を 1 フレームごとに投影すると、人間の目にはそれらの画像が混ざり各映像の画素値の平均となる色が

見える。特に、投影する映像として、ある画像と平均化した結果異なる画像に見えるように計算された画像を投影することで、異なる映像を見せることが可能となる。前述の投影手法のみでは、人間には平均化される前の複数の画像を知覚できないが、意図的にいくつかのフレームを遮ることで、知覚される映像を能動的に変化させることができる。本提案では PDLC を用いてフレームを遮る手法を採用する。PDLC は半透明な素材であるが、80V 程度の電圧を印加することで、1/1000 秒程度の時間で透明となり、印加を止めることで 1/100 秒程度の時間で半透明へと戻る。これをプロジェクタとスクリーン間に配置し、高速プロジェクタの映像に合わせて切り替えることで一部のフレームを遮る。前述した複数映像のうち、1 種類が投影されている時間のみ半透明、それ以外では透明となるように制御することで、スクリーンには遮られた 1 種類を除いた平均映像が投影され、一方 PDLC には遮られた映像がそのまま投影されるようになり、人間に知覚される映像が変化する。また、PDLC が半透明となるタイミングを変化させることで、異なるフレームを遮り、異なる映像を投影することも可能である。これらの技術を用いることで、スクリーン上の映像から能動的に情報を選択し取り出す操作が可能となる。

## 3 実装

本提案はハイスピードプロジェクタ DynaFlash<sup>1</sup>、映像生成用の計算機、スクリーン、PDLC (ウムフィルム<sup>2</sup>)、PDLC ドライブ回路、及び PDLC の制御用のマイクロコントローラ (マイコン) から成る。システム図を図 1 に示す。

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.

\* 東京科学大学

<sup>1</sup> <https://www.inrevium.com/product/tb-6v-dynaflash/>, 2024/10/30 参照

<sup>2</sup> <https://umu.jp/products>, 2024/10/30 参照

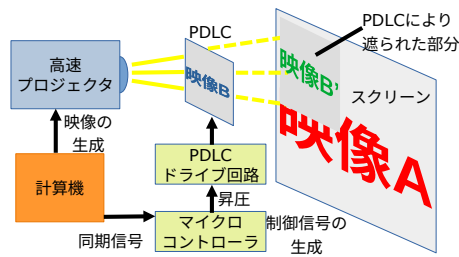


図 1. 提案手法のシステム図

### 3.1 ハードウェアの設計

まず、計算機上で投影する複数の映像を用意し、1フレームずつ切り替え高速プロジェクタに送信する。送信と同時に、マイクロコントローラに同期用の信号を送信する。マイコンでは、同期用の信号に合わせ、PDLCへ印加する電圧を変化させることで、PDLCの透過/不透過を切り替える。PDLCドライブ回路では、マイコンから受信した信号を80V程度に増幅しPDLCへ印加する。

### 3.2 投影映像の生成と同期

通常時に映像Aが視えるよう投影し、PDLCをかざした際にPDLC上に異なる映像Bが視えるようにする場合、投影する映像として、Bとの平均を求めた際にAと一致するような補完映像B'を作成し、映像BとB'を交互に投影する。実際には、同期に余裕を持たせるために各映像の間に空白のフレームを挟むため、A、空白、A'、空白…のように1フレームずつ投影を行う。投影の流れは図2のようになる。

PDLCは電圧を印加した透過状態でも僅かな不透明度があり、PDLCを透過させたい映像もわずかに写り込んでしまう。この映り込みについても、他方のフレームに映り込む映像の補色をある程度混ぜることで解消を図る。

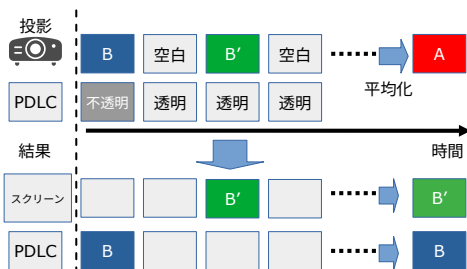


図 2. 投影のタイミング図

## 4 アプリケーション案

### 4.1 デバイス越しでのみ視認できる映像

アプリケーション案の1つとして、地図などの情報を表示する例を挙げる。実際の様子を図3左に示す。通常時は文字の無い地形図を投影し、PDLCを用いたデバイスをかざすことで、かざした部分及びPDLC上にのみ対応する地名が表示される地図を実現できる。これにより、ユーザは地図の中で欲しい情報をデバイスをかざすことで能動的に選択し閲覧することが可能である。

### 4.2 複数層からなる情報からの任意の層の分離

例としてプリント基板の設計や画像描画ソフトウェアのレイヤ分けされた画像のように、複数の層からなる情報が存在する。これらを層ごとに分割した映像をスクリーン上に投影し、PDLCデバイスをかざすことで複数層のうち1層の情報のみを選択し閲覧することが可能となる。図3右は、基板の設計データから一部の配線を選択し閲覧する例である。

### 4.3 位相による提示情報の変化

PDLCデバイスを複数用意し、それぞれを違う時間位相で透明度の切り替えを行うことで、各デバイスごとに違うフレームを遮ることができる。これにより、映像の同じ座標を遮った場合でもデバイスごとに違う映像が視えるアプリケーションが可能となる。例としては、映像に対して、あるデバイスでは日本語の説明文が視えるようになり、異なるデバイスでは英語の説明文が視えるようになるといったものや、複数人のユーザにデバイスを持たせ、同じ空間にいる異なるユーザにそれぞれ異なる情報を提示するといったことが可能となる。

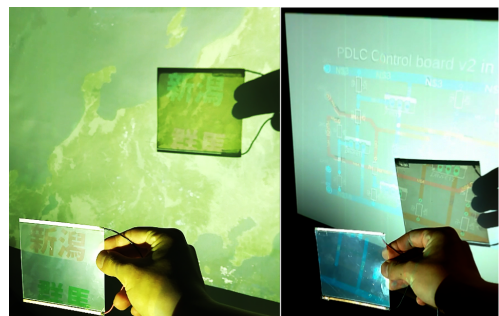


図 3. 投影の様子

## 5 結論と展望

本論文では、高速プロジェクタとPDLCを用いて投影する情報を能動的に変化させることができるシステムを提案し実装した。今後はさらなるアプリケーション案の検討やユーザ評価などを行いたい。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 20H04221 の助成を受けた。

## 参考文献

- [1] H. Benko and A. D. Wilson. Multi-point interactions with immersive omnidirectional visualizations in a dome. In *ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, ITS '10*, p. 19–28, New York, NY, USA, 2010. Association for Computing Machinery.
- [2] B. Jones, R. Sodhi, M. Murdock, R. Mehra, H. Benko, A. Wilson, E. Ofek, B. MacIntyre, N. Raghuvanshi, and L. Shapira. RoomAlive: magical experiences enabled by scalable, adaptive projector-camera units. In *Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '14*, p. 637–644, New York, NY, USA, 2014. Association for Computing Machinery.
- [3] B. Patnaik, H. Peng, and N. Elmqvist. Vis-Torch: Interacting with Situated Visualizations using Handheld Projectors. In *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '24*, New York, NY, USA, 2024. Association for Computing Machinery.
- [4] M. Spindler, S. Stellmach, and R. Dachsel. PaperLens: advanced magic lens interaction above the tabletop. In *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, ITS '09*, p. 69–76, New York, NY, USA, 2009. Association for Computing Machinery.
- [5] Y. Sugiura, T. Chong, W. Kawai, and B. H. Thomas. Public/private interactive wearable projection display. In *Proceedings of the 16th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry, VRCAI '18*, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [6] W. Yamada, S. Korogi, and K. Ochiai. Janus Screen: Screen with Switchable Projection Surfaces Using Wire Grid Polarizer. In *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '22*, New York, NY, USA, 2022. Association for Computing Machinery.

## 未来ビジョン

現段階では、PDLC を板状のデバイスとして扱っているが、これを更に立体に拡張することを考えている。本提案の特徴として、PDLC を透過するフレームも存在するため、複数枚の PDLC を層状に重ね、それぞれに異なる画像を投影することも可能である。これを用いて、層構造からなる立体的な映像を提示できるディスプレイも実現が可能である。また、PDLC を加工し立体的に張り合わせ 3 次元構造を作成することも可能である。他にも、PDLC 以外

のデバイスを用いて一部のフレームを遮ることも考えられる。例として、高輝度白色 LED をプロジェクタの投影に同期させ、あるフレームが投影されているときのみ点灯させ、それ以外のときは消灯させると、スクリーンの LED で照らされた部分はフレームが白色で上書きされるため、PDLC で遮ったときと同様の効果が得られると考えられる。これにより、LED ライトで照らしたときのみ出現する映像や、特殊な光源下でのみ視認できる映像などが実現できると考えられる。