

Magic Light Display: 再帰性反射と点滅光源による映像の隠蔽と多重化

橋本直^{†1}

概要: 再帰性反射材を用いることで、通常の状態では不可視だが、懐中電灯やフラッシュなどの強い光を照射したときにだけ視認できる情報提示媒体を構成できる。本研究ではこの原理を拡張し、一台のディスプレイにおいて映像の隠蔽と多重化を同時に行う手法「Magic Light Display」を提案する。提案手法では、液晶ディスプレイのバックライトモジュールを再帰性反射材に置き換えることで、強い光を照射したときにだけ視認できるディスプレイを構成する。そして、複数の映像を時分割表示し、映像の切り替えに同期して観察者が持つ光源を点滅させることにより、光源を持つ観察者ごとに異なる映像を提示する。本論文ではシステムの概要と開発したプロトタイプについて説明する。

1. はじめに

視覚メディアで用いられる仕掛けの一種に、通常の状態では不可視だが、専用の観察器具を使用することで、そこに隠された文字や図柄が見えるようになるものがある。例えば、紙面に無色の蛍光インクを用いて書かれた文字は通常は見えないが、ブラックライトで紫外線を照射することで発光し、視認できるようになる。また、下地と同色の再帰性反射塗料で図柄がプリントされた衣服は、通常の状態では図柄は視認されにくいですが、フラッシュをたいてカメラで撮影することで、写真上で図柄が発光している様子を確認できる。このような仕掛けでは、見えないものが見えるという性質が驚きや不思議さを演出し、観察器具を持つ者だけが見えるという性質が観察者に魔法を使っているような感覚を与えることができる。それゆえ、このような仕掛けはアートやマジック、サイネージやアトラクションなどの分野で広く活用されている。

本研究では、再帰性反射による不可視インタラクションの原理を拡張し、一台のディスプレイにおいて映像の隠蔽と多重化を同時に行う手法「Magic Light Display」を提案する。提案手法では、図1に示すように、光源（懐中電灯）を持たない観察者にはディスプレイに何も映っていないように見えるが、光源を持つ観察者にはそれぞれ異なる映像（この例では犬画像と猫画像）が見えるという不可思議な現象を起こすことができる。提案手法は、再帰性反射が起こるように設計されたディスプレイ上に複数の映像を時分割で表示し、その切り替えに同期して観察者側の光源を点滅させることにより映像の選択的な可視化を実現している。

本論文では、不可視インタラクションと映像多重化の技法について先行事例を紹介した後、提案手法の概要とプロトタイプの実装について説明し、展示での体験者の反応について述べる。

2. 関連研究

2.1 視覚情報の隠蔽と専用の器具による可視化

光学的な性質を利用して視覚情報を隠蔽し、専用の観察器具によって可視化を行う手法の先行事例について述べる。

メディアアーティストの八谷和彦は、不可視性をテーマにしたアート作品を多数制作している。「見ることは信じる」[1]では、大部分が赤外線 LED で構成された電光掲示板に肉眼では見えないテキストが表示されており、鑑賞者はカメラと液晶ディスプレイが内蔵された専用のビューアを通して観察することでそれを視認できる。また、「FairyFinder 03 コロボックルのテーブル」[2]では偏光フィルタを除去した液晶ディスプレイが使われており、一見何も表示されていないように見えるが、鑑賞者が偏光フィルタを画面にかざすと映像が視認できるようになる。

マジシャンのルーバー・フィドラーは、再帰性反射材を利用したカード当てマジックのトリックを考案している[3]。このマジックでは、カード当て役の観客が顔の近くに光源を置いた状態でカード群を観察すると、カードに仕込

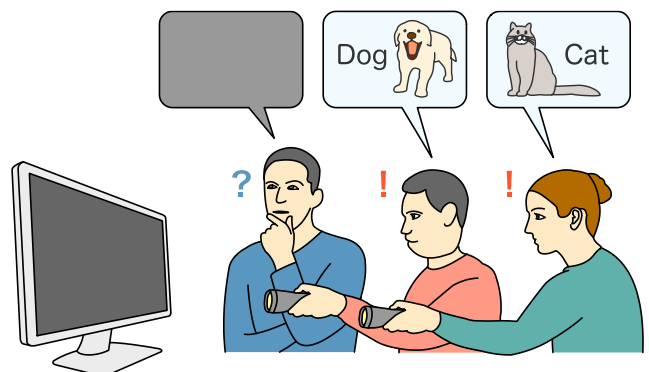


図1 提案手法。光源を持たない観察者には映像が不可視だが、光源を持つ観察者にはそれぞれ異なる映像が見える。

まれた再帰性反射材が光って見え、他の観客が選んだカードを当てることができる。再帰性反射の性質により、光源を持たない他の観客にはカードが光っている様子は見えないため、あたかもカード当て役の観客に超能力が備わったかのような体験となる。また、マジシャンの檜垣聡は、フラッシュをたかずに撮影した際には真っ黒に写り、フラッシュをたきながら撮影した際には隠された図柄が写る手品用具を考案している[4]。この器具は、黒色の再帰性反射材の表面に透光性の印刷層があり、さらにその上に減光シートを配置した構造になっている。減光シートがあることで、通常の照明下では印刷されている図柄を視認できないが、相対的に強い光を照らした際は、光源方向から図柄を視認できる。

本研究の提案は、既存の再帰性反射を用いた手法と同様に、光の照射を行う観客だけが情報を視認できる性質を有するが、そこに光源制御を組み合わせることで、観客者ごとに異なる映像を提示することを可能にした。

2.2 同一画面における映像の多重化

同一の画面上で複数の観客者に対して異なる映像を提示する手法にはさまざまなものがある。Lumisight table [5]では、複数台のプロジェクタと視界制御フィルムを組み合わせることにより、複数の観客者に対して同時に異なる映像を提示している。Scritter [6]では、偏光方式の立体視映像システムにおいて、左目と右目が同じ偏光のメガネを2組用いることで、同一のスクリーン上で2名の観客者が互いに異なる映像を見ることができる。Ikedaらは、人間の視覚における残像効果を利用して、観客者の身体や視線の動きの速度・方向に応じて異なる映像を知覚させる指向性ディスプレイを提案している[7]。

本研究のアイデアは時分割による多重化であり、考え方としては3Dディスプレイの表示方式の一つであるフレームシーケンシャル方式に近い。この方式では、画面上で左目用画像と右目用画像を交互に表示し、それと同期して液晶シャッターメガネを開閉させることで左右の目に映像を振り分け、立体視を実現している。提案手法は、この液晶シャッターによる情報選択を、点滅光源と再帰性反射の原理で置き換えたものと捉えることができる。

3. 提案手法

3.1 システムの概要

システム構成を図2に示す。本システムは、液晶ディスプレイ、光源、光源制御回路、PCから構成される。

液晶ディスプレイには、液晶パネルの背面にあるバックライトモジュールを除去し、代わりに再帰性反射材を配置する改造が施されている。この改造により、通常は表示映像を視認できないが、外部から強い光を照射した際には、再帰性反射によって光源方向から表示映像を視認できる。

PCはディスプレイへの映像出力と光源を制御するため

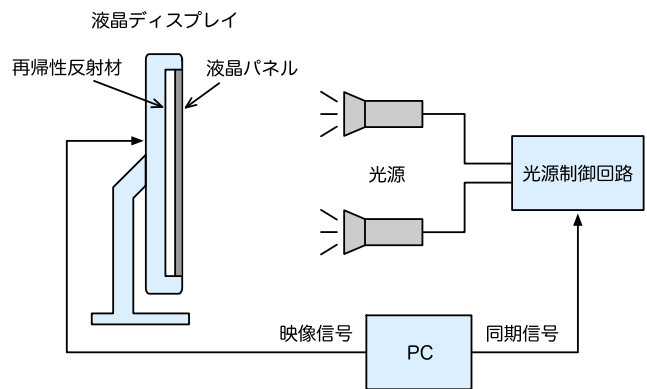


図2 システム構成

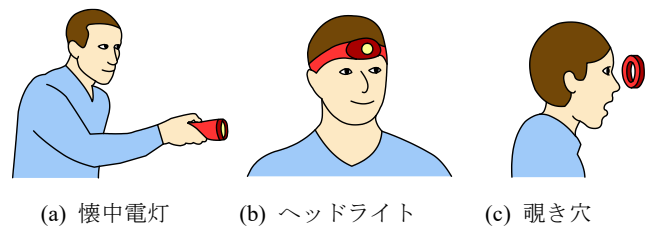


図3 光源の実装形態

の同期信号の出力を行う。光源制御回路は受信した同期信号に基づいて複数の光源の点滅を制御する。ある観客者向けの映像がディスプレイに表示されている間は、その観客者が持つ光源のみを点灯させ、それ以外の光源は消灯する。これにより、複数の観客者は互いに異なる映像を見ることができる。

3.2 光源の実装形態

観客者用の光源の実装形態として、懐中電灯タイプ、ヘッドライトタイプ、覗き穴タイプの3種類を提案する(図3)。覗き穴タイプは、覗き穴の出口側にリング状の光源を配置した形態であり、壁にあけられた穴や、箱メガネのように覗き込んで使う器具を想定している。提案手法では、光源と同じ方向から観察した際に映像が最も明るく見えるため、懐中電灯タイプの場合は観客者にそのような持ち方を促す必要がある。一方、ヘッドライトタイプと覗き穴タイプでは、視点に近い位置に光源が置かれることになるので、視線方向と光源方向がほぼ一致し、自然な形で視認性の良い提示が可能になる。

3.3 プロトタイプの実装

開発したプロトタイプについて説明する。同時に観察できる観客者の数は2名とした。

液晶ディスプレイにはZ-EDGE社製UG27PJ(27インチ、解像度1920×1080、リフレッシュレート240Hz)を、再帰性反射材には3M社製スコッチライト反射布8910ブライト・シルバーを使用した。光源には市販のLED懐中電灯



(a) 光源を持たない観察者の視点

(b) 光源を持つ片方の観察者の視点

(c) 光源を持つもう片方の観察者の視点

図 4 プロトタイプの実作の様子

(Wastou 社製) を使用した。また、光源制御回路は、マイコンボード (Arduino Uno) とフォトリレーによって構成した。PC から 115200baud のシリアル通信で同期信号 (0 または 1) が送信され、それを受信したマイコンボードが 2 個の光源を交互に点灯させる。

PC 上で動作するプログラムは Unity 2020.3.30f1 を用いて開発した。このプログラムでは、画像 A と画像 B の 2 種類の静止画を交互に提示する。今回は猫の画像と犬の画像とした。画像の切り替えの様子が視認されないようにするために、画像の切り替え時には黒画像を表示した。すなわち、画像 A→黒画像→画像 B→黒画像→画像 A→…という順番で描画が行われる。フレームレートは 30fps とし、各画像はそれぞれ 1 フレームずつ表示した。

開発したプロトタイプによる動作の様子を図 4 に示す。光源を持たない観察者からは、同図(a)のように、画面は真っ暗な状態に見えており、映像は視認できない。光源を持つ片方の観察者からは、同図(b)のように猫の画像が点滅している様子が見え、もう片方の光源を持つ観察者からは、同図(c)のように犬の画像が点滅している様子が見える。

現在の実装は原理検証を目的としているため、簡易的で低速な実装となっている。より高速な点滅制御を行う際の同期方法として、映像信号に含まれる垂直同期信号をトリガとする方法が考えられる。

4. プロトタイプ展示

システムに対する体験者の反応を見るために、開発したプロトタイプを大学のオープンキャンパスで展示し、来場者に体験させた。展示では、2 名 1 組の体験者にそれぞれ懐中電灯を渡し、ディスプレイに向けるよう指示した後、画面に何が表示されているかを 2 名同時に答えさせた。体験者にはそれぞれ異なる映像 (犬・猫) が視認されるため、2 名の回答は食い違うことになる。体験者の多くは、画面に懐中電灯の光を当てたときに映像が見えるようになることと、もう一人の体験者が自分とは異なる回答をすることに驚いていた。体験者の中には観察する位置によって絵が異なるのかと問う者もいたが、位置を変えても同じ絵が変わらないことを確認すると不思議そうに観察していた。

5. おわりに

本研究では、再帰性反射と点滅光源を組み合わせた原理により、光源を持たない観察者には映像が視認できず、光源を持っている観察者には個別に異なる映像を提示できるディスプレイを提案した。開発したプロトタイプによって、視覚的に驚きのある体験を作れることが確認できた。

提案手法の応用先として、お化け屋敷のような暗所を複数人で探検するアトラクションでの利用が考えられる。例えば、特定の体験者にだけ幽霊が見えたり、同行者同士で異なる文字情報が見えたりするといった不可思議な体験を提供することができる。

今後は、画面表示の高速化や視認性の検証を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 八谷和彦. 見ることは信じること. 1996. http://www.petworks.co.jp/~hachiya/works/jianrukotoha_xinjirukoto.html, (参照 2022-12-20).
- [2] 八谷和彦. FairyFinder 03 コロボックルのテーブル. 2006. <http://www.petworks.co.jp/~hachiya/works/FairyFinder.html>, (参照 2022-12-20).
- [3] ルーバー・フィドラー (発明). 株式会社テンヨー (出願). 手品用具. 特開 2013-000194 号. 2013.
- [4] 檜垣聡. 図柄表示媒体. 特開 2017-111334 号. 2017.
- [5] Yasuaki Kakehi, Makoto Iida, Takeshi Naemura, Yoshinari Shirai, Mitsunori Matsushita, and Takeshi Ohguro. Lumisight table: interactive view-dependent display-table surrounded by multiple users. In ACM SIGGRAPH 2004 Emerging technologies (SIGGRAPH '04), p.18, 2004.
- [6] Takeo Hamada, Koki Nagano, Takeru Utsugi, Mika Hirano, and Akihiko Shirai. Scritter: A multiplexed image system for a public screen, In Proceedings of Virtual Reality International Conference (VRIC2010), 76-78, 2010.
- [7] Haruka Ikeda, Tomohiko Hayakawa, and Masatoshi Ishikawa. Bilateral Motion Display: Strategy to Provide Multiple Visual Perception Using Afterimage Effects for Specific Motion. In Proceedings of the 25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '19). Article 17, pp.1-5, 2019.