

# 残像効果を用いた高リフレッシュレートLCDによる視覚効果の検証

奈良 雅大\* 宮藤 詩緒\* 小池 英樹\*

**概要.** 本研究では、高リフレッシュレート液晶ディスプレイによる視覚効果を検証する。ヒトの視覚において、高速で異なる色を呈する物体は、それらの色の混色として知覚される。これを経時加法混色と呼ぶ。本研究では、液晶ディスプレイに高速で複数の画像を連続で表示することで、静止状態と動いている状態で見え方の変わる表示を実現した。これは、動いている状態では経時加法混色の画像統合のみだれが生じ、ずれた部分が色づいて知覚されるというカラーブレッキングという現象に基づいている。本検証では、赤緑青黒で構成された4枚画像を高速かつ連続で表示する。結果として、静止状態の観察者には、混色された灰色の画像として知覚され、動いている状態の観察者では格子の境界に色がついて知覚されたり、図形の外縁が色づいて知覚されたりする視覚効果が観測された。また、画面の前で物体が動くことにより、残像に色がついて見える効果を実証した。液晶ディスプレイを用いた本検証は、デジタルサイネージによる案内や広告における、観察者の動きに応じた視覚効果の実現など、さまざまな状況で応用の可能性がある。

## 1 はじめに

残像効果は、知覚された光像が消えた後も、像が直前に存在していた位置に継続して存在しているかのように知覚される現象である。残像効果のうち、色に関する現象に経時加法混色がある。これは、高速で色の切り替わる物体の色が、実際の色との混色として観察される現象である。この現象は、インターフェース設計の分野でも応用されている [3]。

経時加法混色を用いたインタラクション手法の例として、不可視のパターンを画像に埋め込む研究がある。Abeら [1] は、60 Hz の液晶ディスプレイで画像の中に人間の目では知覚できず、カメラでは撮影可能な2次元コードを埋め込むことを実現した。また、観察者の運動による混色のみだれを利用して視線誘導を実現した例として、Kohtaniら [2] の研究がある。この研究では、400 Hz の高速プロジェクタを用いて画像を投影し、移動する観察者に対してのみ視線誘導効果を与える手法を提案した。しかし、プロジェクタを用いているため、明るい場所の視認性は限定的である。

本研究では、540 Hz の高リフレッシュレート液晶ディスプレイを用いて、観察者移動時の画像統合のみだれによる視覚効果の検証を行なった。これは Kohtaniらの研究の明るい場所での視認性を改善し、より簡便な方法での残像提示手法を実現するための可能性を示した。

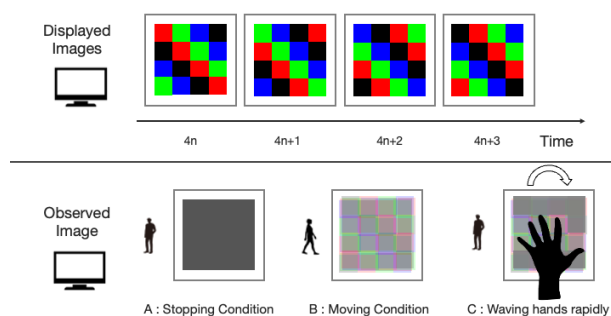


図 1. 提案手法 (チェッカーボード)

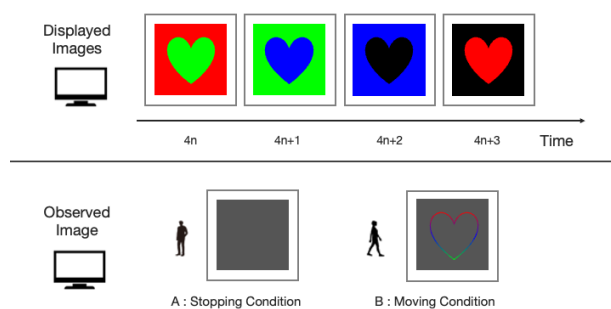


図 2. 提案手法 (図形)

## 2 提案手法

本研究では、液晶ディスプレイ上に複数の画像を高速で表示するシステムを構成し、経時加法混色における、観察者の運動に連動する視覚効果を検証した。また、画面の前の動体の残像による視覚効果も検証した。

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

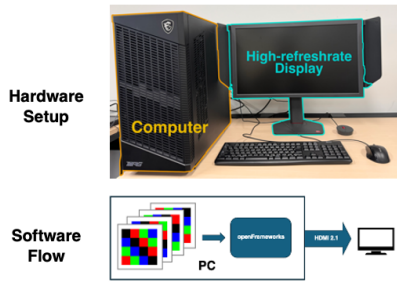


図 3. システム構成図

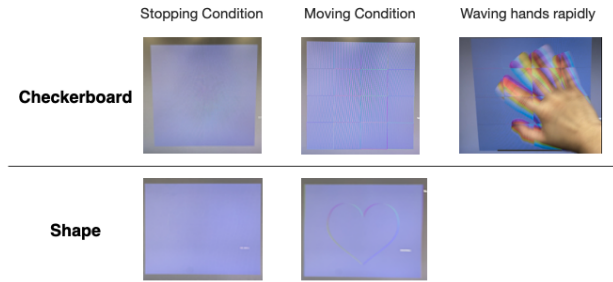


図 4. 表示実験

## 2.1 チェッカーボード (図 1)

図 1 のように、赤緑青黒で構成されたチェッカーボードを作成し、これらを高速かつ連続で表示する。これにより、静止した観察者には混色された無地の灰色の画像が知覚される。それに対し、移動している観察者には、光統合のずれにより格子のちらつきが観察される。また、画面の前で素早く手を振るなど、一部のフレームが隠され色の統合が不完全になると、格子が知覚されるようになる。

## 2.2 図形 (図 2)

図 2 のように、背景と図形を別々の色で表示する画像を作成し、高速かつ連続で表示する。背景と図形はそれぞれ混色により同じ灰色として知覚されるため、静止している観察者には無地の灰色の画像が知覚される。それに対して、動いている観察者は、視点の移動による光統合のみだれにより図形の輪郭が知覚される。

## 3 実装

### 3.1 ハードウェア構成

ハードウェア構成は以下の通りである。(図 3 上)

- ディスプレイ : BenQ ZOWIE XL2586X
- OS : Microsoft Windows 11
- CPU : Intel Core i7-13700KF
- GPU : NVIDIA GeForce RTX4090
- RAM : 32GB

### 3.2 ソフトウェア構成

#### 3.2.1 画像生成

OpenCV を用いて、赤、緑、青、黒で構成されるパターン、図形を描画した。セットは 4 枚の画像で構成され、それらを加法混色すると、全体が同じ色になるように配置されている。

### 3.2.2 画像表示

C++ と openFrameworks を用いて、540 Hz で画像を連続で表示するプログラムを作成した。ディスプレイに垂直同期し 540 Hz で動作するように作成した。

## 4 検証

### 4.1 チェッカーボード

図 4 上のように、静止状態では無地の灰色の画像が観察された。観察者が動いている状態では、格子の境界線が赤緑青などに色づいて観察された。これにより、動きによって視覚効果が変わることが実証された。

また、画面の前で手を振ることにより、指の通った後の残像に赤青緑などの色がついて知覚された。表示画面前で物体が移動すると、物体の輪郭に色のついた残像が表示される視覚効果がみられた。

### 4.2 図形

図 4 下のように、静止状態では無地の灰色の画像が知覚された。観察者が動いている状態では、図形の輪郭に赤緑青などの色がついて観察された。これによって、静止状態では見えない図形が動いていると見える視覚効果を実証できた。

## 5 議論と結論

本研究では、540 Hz の液晶ディスプレイによる経時加法混色を利用して、観察者の動きによる混色のみだれが視覚効果を実現することを検証した。このことは観察者の動きに応じて顕著性の増減する視線誘導が液晶ディスプレイでも実現する可能性を示し、明るい場所での視認性を改善することができる。また、残像が色づいて見える現象は、新たな視覚効果を実現する可能性を示している。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 20H04221 の助成を受けた。

## 参考文献

- [1] S. Abe, T. Hiraki, S. Fukushima, and T. Naemura. Screen-Camera Communication via Matrix Barcode Utilizing Imperceptible Color Vibration. In *Adjunct Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '18 Adjunct, p. 166–168, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [2] A. Kohtani, S. Miyafuji, K. Uragaki, H. Katsuyama, and H. Koike. MOSion: Gaze Guidance with Motion-triggered Visual Cues by Mosaic Patterns. In *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '24, New York, NY, USA, 2024. Association for Computing Machinery.
- [3] J. Watanabe, T. Maeda, and H. Ando. Gaze-contingent visual presentation technique with electro-ocular-graph-based saccade detection. *ACM Trans. Appl. Percept.*, 9(2), June 2012.