

# RayLeight : レイリー散乱を用いた立体ディスプレイの試作

袴田 結女\* 沖 真帆\* 塚田 浩二\*

**概要.** 近年、結露や泡などの自然現象を活用した情報提示手法の研究が盛んに行われている。自然現象を用いることで、我々の日常生活に溶け込んださりげない情報提示を可能にする。そこで、本研究では構造色に着目した情報提示手法を提案する。構造色とは、光の波長程度の微細構造による光の干渉、回折、散乱などにより生じる色のことである。構造色には、見る角度によって色が変わったり、鮮やかな発色をするという特徴がある。本研究では、青空や夕焼けを生むレイリー散乱という現象に着目する。ホットボンドのスティックとLEDを組み合わせることで、レイリー散乱を再現したディスプレイを制作する。本システムにより、日常生活に馴染んだ、印象的な情報提示を目指す。本論文では、提案システムの背景、実装について述べる。

## 1 背景

近年、結露や泡などの自然現象を活用したディスプレイの研究が盛んに行われている。身近な自然現象を用いることで、我々の日常生活に溶け込んだ情報提示を行うことができる。このような自然現象を利用した情報提示手法として、本提案では構造色に着目した。

構造色とは、光の波長程度の微細構造による光の干渉、回折、散乱などにより生じる色のことである[6]。構造色は、我々にとって身近な自然現象である。薄膜干渉により生じるシャボン玉の虹色や、多層膜干渉により生じる魚類の光沢、微粒子による光の散乱で生じる空の色の変化など、我々の日常生活の多くに構造による発色関わっている。また、構造色は、見る角度によって色が変わったり、極めて鮮やかな発色をするという特徴を持つ。

本研究では、構造色の中でも、空の色の変化を生む現象である、レイリー散乱に着目した。レイリー散乱は、フローリングワックスやホットボンドのスティックなど、身近な素材で再現できることが知られている[1, 5]。筆者らは初期試作として、フローリングワックスを用いたディスプレイを制作した[3]。その際、液体を部品として加工するため、取り回しがしづらく、また、気泡が生じて表現に影響が出るなどの課題を確認した。そこで本研究では、レイリー散乱を再現することのできる身近な素材として、ホットボンドのスティック(以下、スティック)に着目した。スティックを採用することで、取り回しが容易になると考える。また、柔らかくしならせることができるため、スティックに触れたり曲げたりすることで、表現の幅を広げられることが期待される。本

研究では、スティックとLEDを組み合わせたディスプレイを提案する。

## 2 関連研究

本章では、本研究に関連する研究事例として、「自然現象を活用したディスプレイ」、「構造色に関する研究」の2つの観点から説明する。

「自然現象を活用したディスプレイ」の関連研究として、辻本ら[4]は、結露を利用したディスプレイ、Ketsuro-Graffitiを提案している。ペルチェ素子を用いてディスプレイを冷却し、結露の発生や消滅を制御することで、情報を提示している。結露を用いることで、ディスプレイに触れて情報を消すような、日常生活に溶け込んだインタラクションを可能にする。本研究では、構造色を用いることで、日常生活に溶け込みつつ、鮮やかさのある情報提示を目指す。

「構造色に関する研究」の関連研究として、Yamada[2]は、チョコレートに手軽に構造色の模様をつける手法を提案した。従来は、テンパリングしたチョコレートを分光シートに乗せるか、微細構造を印刷した特殊な金型に流し込むことで、構造色を発色させていた。前者は細かな模様をつけることが難しく、後者は金型を作るのに特殊な機材が必要であるという課題があった。筆者は、分光シートに乗せ固めたチョコレートに、レーザー彫刻機で不要な箇所の微細構造を溶かすことで、見る視点によって虹色が変わる構造色の模様つきチョコレートを実現した。本研究では、レイリー散乱現象を起こす身近な素材と、3Dプリンタなどのデジタル工作技術を組み合わせて、青～橙の色変化を活用した立体ディスプレイを作成し、手軽に構造色の再現を行うことを目指す。

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.

\* 公立はこだて未来大学

### 3 実装

図1に、本デバイスの外観を示す。LEDの点灯・消灯の制御には、Arduino Unoを使用している。Arduino Unoは、5×5のLEDマトリクス基板に接続している。使用した白色LEDはOSPW5111A-Z3、色温度は8500~10000Kである。スティックは、モノタロウ社のホットメルト接着剤を使用した。また、スティックをマトリクス型に配置するため、5mmの黒色アクリル板を加工したケースを制作した。本ケースを、基板上に配置して使用する。さらに、L-SパーツとS-Sパーツの2種類のパーツを3Dプリンタで制作した。L-Sパーツは、LEDとスティックを繋ぐパーツである。マトリクス型ケースにはめ込んで使用する。S-Sパーツは、スティック同士を繋ぐパーツである。

点灯するLEDの位置やユーザの視点によって、スティックの色が部分的に青や橙色に変化する。また本デバイスは、使用するスティック数や配置箇所の変更、S-Sパーツの使用で、ディスプレイの形態を変化させることができる。マトリクス型ディスプレイとアーチ型ディスプレイについて以降で紹介する。各表現例の撮影には、ミラーレス一眼OM-D E-M10 MarkIII (OLYMPUS)を使用した。

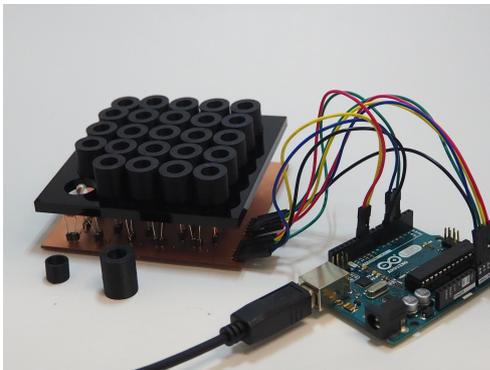


図 1. デバイスの全体図

#### 3.1 マトリクス型ディスプレイ

スティックを25本使用した、5×5のマトリクス型ディスプレイを試作した。スティック上部に、5mmのアクリル板を加工して製作した整列パーツをはめ込んでいる。LEDを25個全て点灯することで、オレンジのグラデーションを表現することができる(図2)。LEDの輝度を段階的に変化させた例を図3に示す。輝度が低い部分はスティックが暗く青み掛かり、輝度が高い部分は明るく先端にオレンジの色味が出ている。このように、輝度の変化でオレンジ色の強さを変化させることができる。

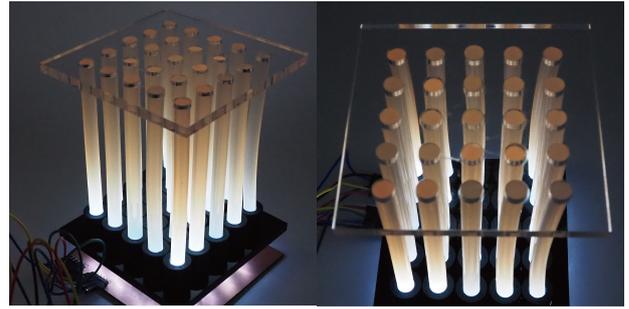


図 2. マトリクス型ディスプレイの表現例 1. 斜めから見た図(左). 上から見た図(右). (1/125sec, F5, ISO4000)



図 3. マトリクス型ディスプレイの表現例 2. 側面から見た図(左). 斜めから見た図(中央). 上から見た図(右). (1/125sec, F5, ISO6400)

#### 3.2 アーチ型ディスプレイ

スティックを10本使用し、対面するスティックをS-Sパーツで繋いだ、アーチ型ディスプレイを試作した。L-Sパーツで接続されたスティックの根元のLEDを点灯するとオレンジ色を、スティックが接続されていない中央部のLEDを点灯すると青色を表現することができる(図4)。

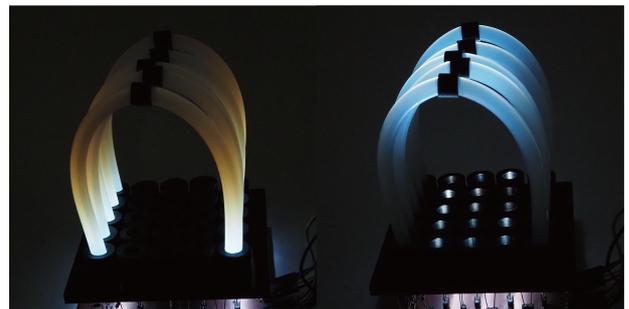


図 4. アーチ型ディスプレイの表現例. (1/125sec, F5, ISO3200)

#### 謝辞

本研究の一部は、科研費 20H04231 の支援を受けた。

## 参考文献

- [1] Exploratorium Teacher Institute Project: Glue-Stick Sunset. <https://www.exploratorium.edu/snacks/glue-stick-sunset>. (2022-11-21 アクセス) .
- [2] Y. Wataru. M&M: Molding and Melting Method Using a Replica Diffraction Grating Film and a Laser for Decorating Chocolate with Structural Color. In *The Adjunct Publication of the 35th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 1–3, 2022.
- [3] 袴田結女, 沖真帆, 塚田浩二. RayLeight: レイリー散乱を用いたマトリクスディスプレイの提案. 第63回エンタテインメントコンピューティング研究会, 2022(12):1–7, 2022.
- [4] 辻本祐輝, 伊藤雄一, 尾上孝雄. Ketsuro-Graffiti: 結露を用いたインタラクティブディスプレイ. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, 21(3):513–520, 2016.
- [5] 馬目秀夫. 「青空と夕日の実験機」の制作. [http://ieeauthorcenter.ieee.org/wp-content/uploads/IEEE\\_Style\\_Manual.pdf](http://ieeauthorcenter.ieee.org/wp-content/uploads/IEEE_Style_Manual.pdf), 2001. (2022-11-21 アクセス) .
- [6] 木下修一. 発色原理が異なる色—構造色—. *日本画像学会誌*, 50(6):543–555, 2011.