

レンズアレイを拡張したハイブリッド点字表現の基礎検討

中尾実柚^{1,a)} 沖真帆^{1,b)} 塚田浩二¹

概要：本研究では触覚と視覚のハイブリッド点字の作成とその応用を提案する。UV プリンタで造形したレンズアレイをディスプレイや印刷物と組み合わせることで、視点に応じて二次元方向に画像が変化する情報提示を行う手法が提案されている。本研究では、レンズアレイの突起のサイズを調整することで、点字としても活用できる点に着目した。透明インクを盛り合わせた点字（レンズ）と、その下や周辺にカラーインクで印刷されたパターンを組み合わせることで、晴眼者・視覚障がい者の双方に効果的な情報提示手法を提案する。指先でなぞることで点字として機能しつつ、点字の下に印刷された複数の色やパターンを可視化することができる。さらに、具体的な活用例として、案内板や点字絵本、タッチパネルと組み合わせたコントローラー等を実装する。

1. 背景

近年、デジタル工作機械を用いた造形支援技術が多数提案されており、その中で UV プリンタを用いてレンズアレイを造形する方法が示されている [1]。さらに、こうしたレンズアレイをディスプレイや印刷物と組み合わせることで、視点に応じて二次元方向に画像が変化する情報提示等に活用する手法も提案されている [2]。本研究では、レンズアレイを物理的に触れた際の触感に着目し、レンズのサイズを調整することで、点字としても活用できると考えた。透明インクを盛り合わせた点字（レンズ）と、その下や周辺にカラーインクで印刷されたパターンを組み合わせることで、晴眼者・視覚障がい者の双方に効果的な情報提示手法を提案する。指先でなぞることで点字として機能しつつ、点字の下に印刷された複数の色やパターンを可視化することができる。さらに、具体的な活用例として、案内板や点字絵本、タッチパネルと組み合わせたコントローラー等を実装する。

2. 関連研究

2.1 UV プリンタを用いたレンズ造形手法

UV プリンタで造形可能なレンズアレイを用いた二次元レンチキュラが提案されている [2]。レンズアレイの下部に配置したパターンの一部が拡大されることで、視点の位置に応じて異なる情報を表示することができる。二次元レンチキュラは、小型マイコンやスマートフォン等、様々なサ

イズのディスプレイに対応でき、レンズの直径や厚さ等をカスタマイズすることで多様な表現が可能になる。さらに UV プリンタを用いてカスタマイズ可能なラインストーンを造形する手法が提案されている [3]。これらの研究では、印刷データ作成ツールを Adobe Illustrator のスクリプトとして実装し、底面データの設計やレイアウトを補助するモバイルアプリも開発している。UV プリンタで印刷する際は、まずカラーインクで底面パターンを印刷し、その上に透明インクによる印刷を重ねることでレンズやラインストーンを造形する。本研究では、UV プリンタで作成するレンズアレイを点字に応用し、晴眼者・視覚障がい者の双方への情報提示に活用する。

2.2 視覚と触覚を融合した点字表現

Braille Neue[4] は、点字と墨字が一体になったフォントであり、点字の物理的なサイズに合わせたフォントデザインが提案されている。これにより点字の読めない晴眼者も点字の表す内容を知ることができ、点字が晴眼者にも効果的なものとなっている。点字が晴眼者／視覚障がい者の双方に有用な表現としては、手で触れて地形を把握できる触地図もよく知られており、その作成を支援する研究も行われている [5]。本研究では触地図の点字をレンズで作成することで、見る方向によって色が変わる案内版を作成した。

3. 提案

本研究では、透明インクを盛り合わせた点字（レンズ）と、その下や周辺にカラーインクで印刷されたパターンを組み合わせることで、晴眼者・視覚障がい者の双方に効果

¹ 公立はこだて未来大学

^{a)} b1021061@fun.ac.jp

^{b)} oki@fun.ac.jp

的な情報提示手法を提案する。さらに点字作成を支援するツールを提案する。指先でなぞることで点字として機能しつつ、点字の下に印刷された複数の色やパターンを可視化することができる。点字は直径・厚み・配置が JIS 規格等 [6] で規定されており、規格に合わせてレンズを調整／配置する。UV プリンタの性質上、一般的な紙だけでなく、亚克力や透明フィルム等の多様な素材に造形が可能である。具体的な活用例として、案内板や点字絵本、透明フィルム状に造形した点字とタッチパネルを組み合わせたコントローラー等を実装する。

4. 実装

4.1 点字造形手法

UV プリンタを用いてレンズとして機能する点字（以下、点字と記述）を造形する。UV プリンタの印刷データは Adobe Illustrator と、先行研究 [1] で提案されたレンズ設計用スクリプトを中心に作成する。Adobe Illustrator 上で、日本語かな 50 音等に対応した点字のあいうえお表を作成し（図 1）、シンボル機能に登録して呼び出すことで、レンズ部のデータ制作の効率化を図った（図 2）。点字のサイズは、直径を 1.45mm、厚さを 0.3mm、マス間を 6.1mm とした。レンズ下部やその周辺には任意のカラーパターンやデザインを配置する。この位置合わせも現時点では手動で行っているため、今後は自動化を進めていきたい。データの作成が完了したら、UV プリンタの透明インクを用いて点字を造形する。パターンやデザインも、カラーインクを用いて同時に印刷される。実際に作成した印刷データの例を提示する（図 3）。「あか」「あお」「にじいろ」「やじるし」の言葉を意味する点字が造形され、各点字の下部には円状の図形がカラーインクで印刷されている。「あか」「あお」は赤色と青色の単色、「にじいろ」は虹色のグラデーション、「やじるし」には赤色と青色の 2 色の図形となっており、後者 2 つは見る角度に応じて色が変化する（図 4）。こういった使い方をすることで、点字が読めない晴眼者でも意味を直感的に理解することができたり、点字部以外をマスクして裏から光源を当てることで、弱視者に向けた点字と色を用いた表現ができる可能性がある。

4.2 制作例

4.2.1 案内板

制作例として、晴眼者と視覚障がい者の双方に効果的な触地図案内板を作成した。これは普通の地図では視覚障がい者が知ることが困難な道路の形状等を伝えたり、点字やレンズと色を組み合わせることで晴眼者に点字を使う体験をしてもらったりする目的で作成した。2 枚の亚克力板から構成されており、1 枚には五稜郭公園の地図をカラーインクで印刷し、もう 1 枚には地図上の施設名に併せて点字を、経路に合わせてレンズを連ねた触覚パターンを印刷した。

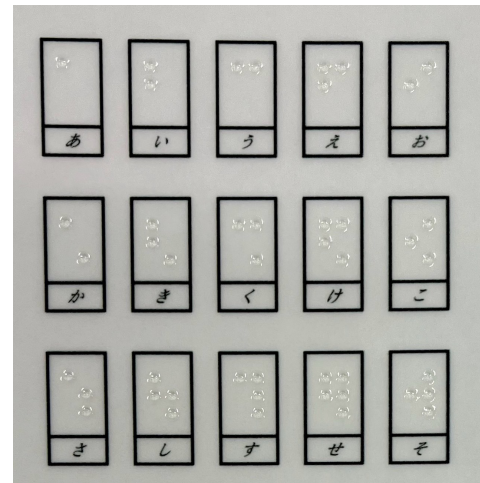


図 1 UV プリンタで造形した点字あいうえお表（一部拡大）

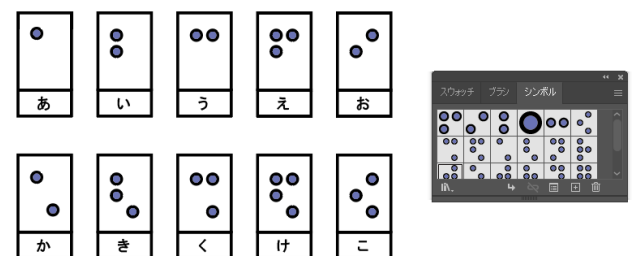


図 2 シンボルとして登録した点字

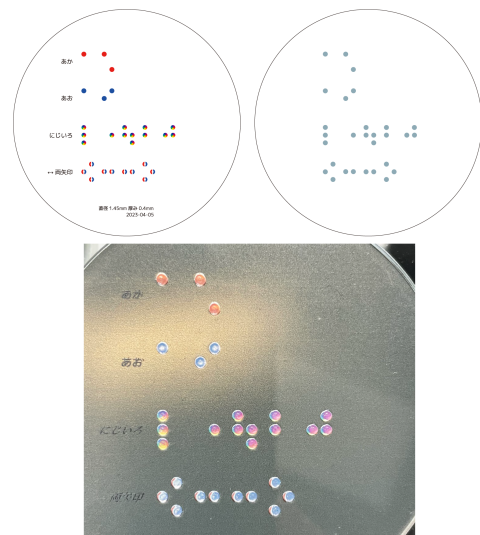


図 3 点字印刷データ（上段: カラーインク／透明インク）と造形された作品（下段）

この 2 枚の亚克力板を重ねることで、触地図として活用できる（図 5）。施設の位置と名前を点字を通して触覚で認識でき、ウォーキングコースの経路も指でなぞることで把握できる。さらに独自の機能として、視点に応じて異なる情報を表示することも可能である。例えば、「さくら」という点字の下部にピンクと緑のパターンを配置することにより、見る角度によって点字の色が変えることで、桜の色

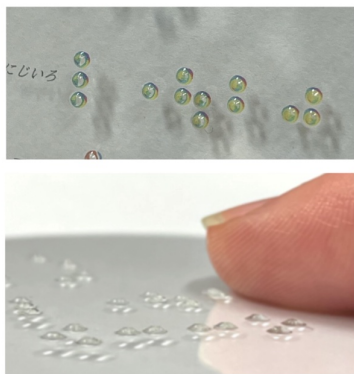


図 4 アクリル板に点字を造形した例

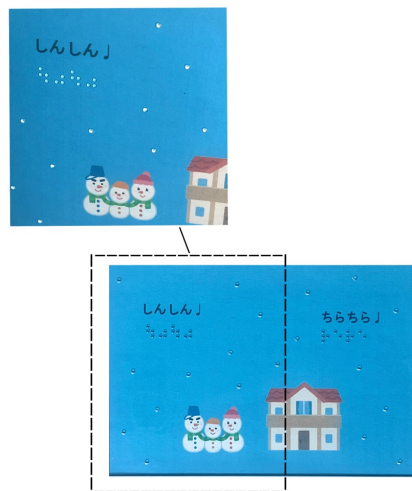


図 6 点字絵本の例 (角度に応じた雪の色変化)



図 5 五稜郭公園の触地図案内板。「さくら」の点字とウォーキングコースのレンズに、色変化の仕組みを取り入れた。

の変化を表している（図 5 の上段）。また、ウォーキングコース経路の下部には赤と青の底面パターンを配置している（図 5 の下段）。このコースは順路が決められているため、正しい方向から見ると青色の道が、逆側から見ると赤色の道が表示され、青色の道に沿って歩くことで正しい経路を確認できる。信号の色を用いることで進む方向を連想しやすいと考え、今回は青色と赤色を使用した。

4.2.2 点字絵本

市販の点字絵本の構成を参考として、アクリル板に印刷可能な点字絵本を設計した（図 6）。雪景色を表した背景絵は、点字より大きなレンズをちりばめることで、視覚障がい者も雪が降っている様子を指先で触れて楽しむことができる。また、「ちらちら」といった効果音の部分を点字として造形することで、雪に関する表現を学ぶことができる。さらに、雪を表したレンズの下部には、白／青の 2 色のパターンを配置することで、晴眼者は見る角度によって雪が



図 7 M5Stack Core2 に点字を印刷したフィルムを貼り付けた例

降ったりやんだりする様子を楽しめる。

4.2.3 コントローラー

タッチパネルを搭載した IoT マイコンである M5Stack Core2 をベースとして、点字と触覚パターンを印刷した透明フィルムを組み合わせたコントローラーを実装した（図 7）。画面に貼り付けるフィルムや表示パターンを調整することで、カスタマイズ可能なコントローラーとして扱うことを想定している。今回の例では、M5Stack 上に 3 つのボタンを用意した。ボタンは clock（時計機能）、timer（タイマー機能）、weather（天気予報）の 3 つである。ディスプレイに表示される文字の上には、対応する点字をひらがな表記で配置した。また、ボタンの上には点字よりも一回り大きな突起を配置した。視覚障がい者は左から右に点字をなぞって内容を確認して、右側の突起に触れることで任意の機能呼び出すことができる（図 8）。ボタンが押されると、主に音を用いたフィードバックを行う。例えば Timer 機能では、ボタンを押すと 1 秒ごとに音でカウントダウンを示し、終了時にはアラーム音を鳴らすことができる。

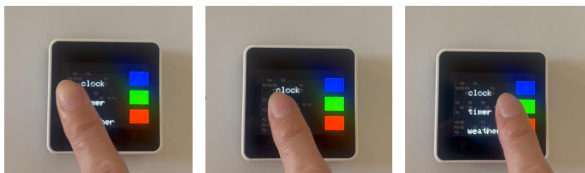


図 8 点字をなぞって操作する様子

5. まとめと今後の展望

現時点では、データ制作において手動で作業する部分が多いため、図形パターンの作成や配置を自動化するデザインツールの開発を進める。また、点字による文字表現とは別に、異なる大きさのレンズを用いることで図柄等としての触覚的／視覚的表現を取り入れた作品制作やツール開発も行いたい。今後は、晴眼者／視覚障がい者の双方に制作した作品やシステムを体験してもらい、フィードバックをもらうことを計画している。その結果をもとに改良を重ね、晴眼者・視覚障がい者の双方に効果的な点字を用いたデバイス等の開発に努める。

参考文献

- [1] 杉山 圭, 塚田 浩二, UV プリンタを用いたレンズ造形手法とその応用, WISS2019 論文集, pp. 25-30, Sep, 2019.
- [2] 島元諒, 塚田浩二. カスタマイズ可能な二次元レンチキュラを用いた多視点情報提示手法の研究. 情報処理学会論文誌, Vol.64, No.2, pp.388-399. 2023-02-15.
- [3] 島元 諒, 塚田 浩二. RhinestonePrinter：カスタマイズ可能なラインストーン造形手法の研究. 情報処理学会論文誌, Vol.65, No.2, pp.358-370. 2024-02-15.
- [4] Braille Neue, <https://brailleneue.com/>, (参照 2024-12-22).
- [5] 渡部 謙, 渡辺 哲也, 秋山 城治, 山口 俊光, 南谷 和範, 宮城 愛美, 大内 進. 触地図自動作成システムにおける点図触地図出力機能の実装. 信学技報, vol.110, no.53, WIT2010-6, pp. 27-31.
- [6] 日本工業規格 JIS T 0921(2017).