

光ファイバを用いた畳ディスプレイの試作

顧 菲^{1,a)} 杉浦 裕太^{1,b)}

概要：本稿では、日本において伝統的に利用されている床材である畳の表面をディスプレイ化する手法を提案する。入力としてプロジェクタやLEDドットマトリクスを利用し、光ファイバを通じて、畳表でアンビエントディスプレイを実現する。畳の構造を考慮した上で、光ファイバを畳の編み目に挿入し、その配置と組み合わせにより畳上にディスプレイを実装する。小物置き用の小さい畳を用いてディスプレイを設計し、文字や数字などを表示するプロトタイプの開発を行う。

キーワード：畳, 光ファイバ, アンビエントディスプレイ

1. はじめに

ユビキタスコンピューティングが生活の中に浸透するにつれ、最近では部屋に存在する様々なものがデジタル化されてきた。デジタル装飾が普及している中で、表現力と没入感のある装飾を生活空間に取り入れる研究がなされてきた。本研究では畳表でアンビエントディスプレイを実現するため、部屋の照明や装飾として情報損失の少ない光ファイバを使用する。光ファイバはさまざまな直径の寸法に加工されており、なかでもプラスチック製の細い光ファイバはファイバライトとして使用されている。

和室の床材として広く使われている畳は部屋の装飾としての側面を持つ。畳は平安時代から発展し、17世紀以降にはその製作方法が確立された [13]。伝統的な工芸品として、畳は柔らかい藁草を織り込み、下地を覆うようにして作られてきた。現在に至るまで、畳は和室の特徴であると同時に、美的な飾りとなっている [7]。琉球表、化学繊維や和紙などにおいても、用途に応じて畳表が使用されている [12]。畳表の乾いた藁草が良い心理的效果をもたらすことは検証されている [9]。また、藁草は除湿効果と空気の浄化作用があるため、さまざまな文化圏で使用されている [12]。光ファイバは、藁草と同等の細さであるため、アンビエントディスプレイにおけるピクセル単位の映像投影の実現が期待される。

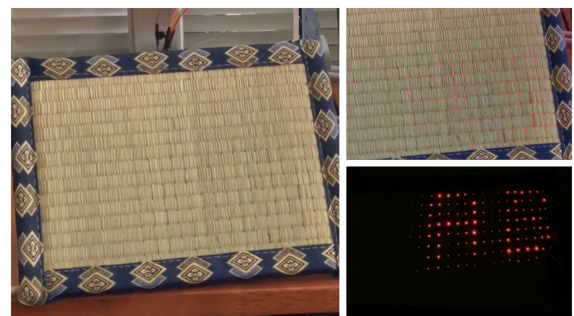


図 1 点灯していない畳 (左), 自然光下で点灯している様子 (右上), 暗室で点灯している様子 (右下)

2. 関連研究

2.1 アンビエントディスプレイ

アンビエントディスプレイの選択肢の一つとして、感温インクの使用が提案されている。Wakita [10] は導電糸と液晶インクを用いて、ピクセル単位で色を変化可能なテキストスタイルモジュールを構成している。インクを塗布した柔らかいモジュールはウェアラブルになる。そのようなディスプレイでは目立たない形で実現できたのに対し、多くの研究ではディスプレイの輝度向上と情報損失の軽減を目的としている。アンビエントディスプレイにおける画像提示を実現するために、発光型のアンビエントディスプレイが探求されている。その中で、ドットマトリクスを介した発光ダイオード (LED) ディスプレイは多くの研究に使われている [6][3][4]。LED ディスプレイは特定の周波数を介して行ごとにスキャンされデータを瞬時に表示する。走査周波数が十分に高いため、目の視覚的残留効果により、人はそれを完全なテキストやパターンとして見ることがで

¹ 慶應義塾大学

^{a)} fegu@keio.jp

^{b)} sugiura@keio.jp

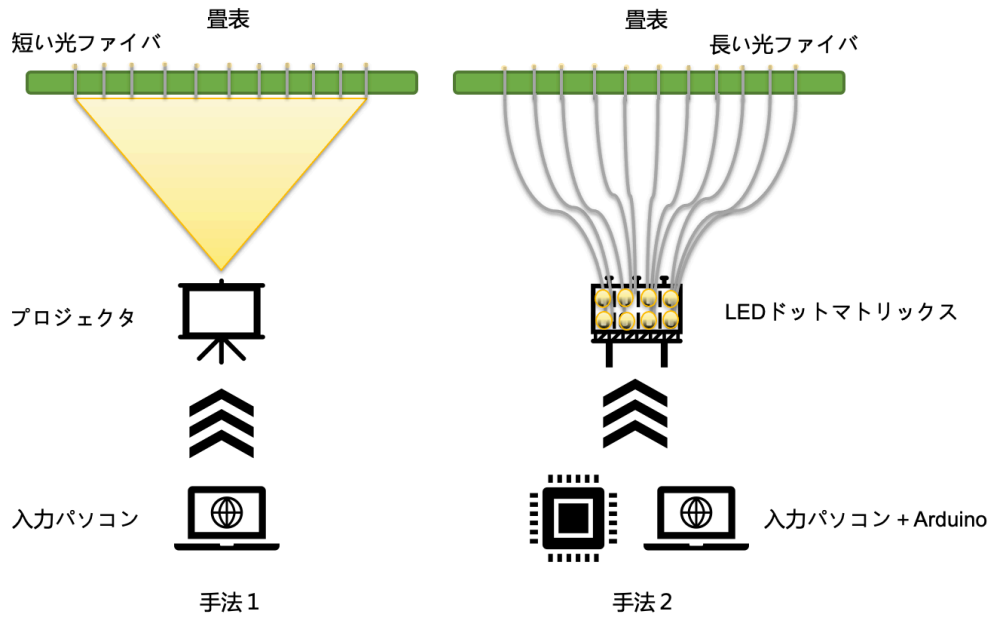


図 2 提案手法

きる。

発光型ディスプレイにおいて、さまざまな素材下での LED 輝度の透過性に関する研究 [3][6] が行われている。調査の結果に基づき、LED やそれを用いた発光型ディスプレイが構築されている。Irudayaraj は単一の LED マトリックスを用いたスルーファブリックディスプレイにおいて、いくつかのプロトタイプを作成している。光検知カメラを用いた実験の結果をもとに、スマートフォンなどの外部デバイスでディスプレイを制御できるシステムを構築している [3]。Olwal は、エレクトロルミネセンス（有機 EL）の平行レンダリングを活用することで、高密度材料の輝度制限を克服し、超高輝度ディスプレイを実現している。材料の裏側にある隠しディスプレイは、木や布、プラスチック、鏡など身近な素材の表面においてグラフィックを表現することができる [6]。また、LED ディスプレイは、人の動きに基づいて視覚的な合図を与えることもできる。Lee は光反射型センサが埋め込まれたマスクより口元の動きを認識し、その動きを LED ディスプレイを用いることでマスク表面に表示させており、LED ディスプレイをマスクの一部としてウェアラブル化している [4]。

2.2 光ファイバを用いたアプリケーション

光ファイバは、通信用以外に照明用や映像用としても広く利用されている。光ファイバと共に、Web カメラは多くの場合でセンシング用に併用されている。Harjuniemi は人間の活動を追跡し、その活動量を提示するために、プラスチック製の光ファイバを布地に織り込んだウェアラブルディスプレイを提案している [2]。Baudisch は光ファイ

バの物理的な全反射によって、束ねたグラスファイバを発光させることで、3次元マーカーオブジェクトの画像の再配列を実現するシステムを構築している [1]。Rudeck は光ファイバの束を用いることで物理的なアフォーダンスをもたらし、カメラでキャプチャしたファイバ表面の変形によってユーザのジェスチャを測定するインタフェースを構築している [8]。Nakajima は、赤外線 LED とカメラの内部構成により、プラスチック光ファイバの束で実装した 24 インチの触感ディスプレイを用いた視覚的なフィードバックを提案している [5]。一方、Willis は異なる方法で光ファイバをデバイスに搭載している。光ファイバが 3D 光学オブジェクトを構築すると同時に、光の強さなどの要素を感知し、表示する機能を持つデバイスを作成している [11]。本研究は異なる視点から、畳をインタフェースとする発光型ディスプレイを提案し、ダイナミックな生活空間のデザインを目的としている。

3. 提案手法

3.1 概要

図 2 のようなシステム設定で、2つのディスプレイ手法を提案する。藪草の折り目に沿って、等間隔のピンホール ($1\text{cm} \pm 0.3$) にプラスチック製の光ファイバを組み合わせる。27cm×20cm×1.5cm の小型畳と直径 0.5mm また直径 1.0mm の光ファイバを用いて実装を行う。

3.2 手法1：プロジェクタ

光ファイバを長さ 1cm に切り、裏側をノートパソコン

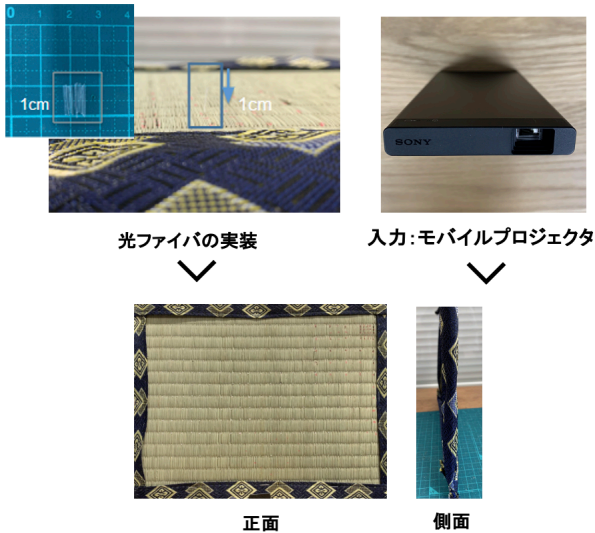


図 3 実装1：プロジェクタ

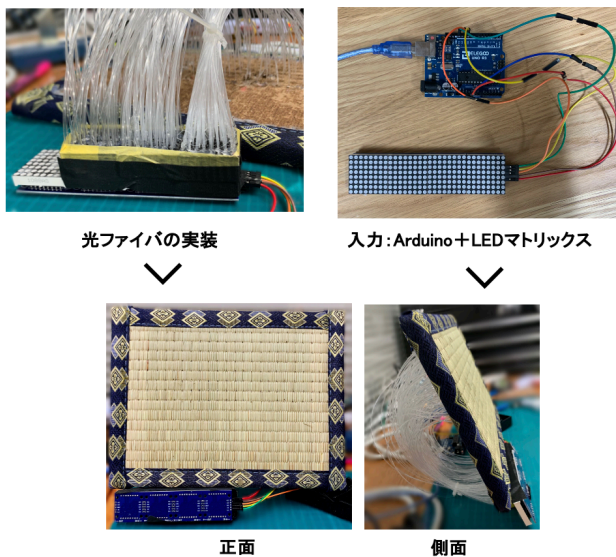


図 4 実装2：LED マトリックス

ン (ASUS ZenBook Flip S UX370UA-UX370UA-8550) に接続し、プロジェクタ (ソニーモバイルプロジェクタ MP-CD1) で映像を逆投影する。

3.3 手法2：LED マトリックス

光ファイバを長さ 40cm に切り、裏面の一端から Arduino で MAX7219 LED ライトマトリックス (HiLetgo 3-01-1494) を制御し、出力する。

4. 実装

4.1 プロジェクタにおける実装

図 3 のような実装を行う。やや暗い自然光の環境の中で、"ABC" というアルファベット列を連続で投影する。図 5 はその結果を表す。畳のサイズを考慮し、畳の全体に

投影するため、畳からプロジェクタの距離を 30cm に設定した。

4.2 LED マトリックスにおける実装

光ファイバの片方を畳に挿入して固定し、片方を 3D プリントしたブロックを用いて LED マトリックスの上に固定する。ディスプレイは 8×32 ピクセル以内に固定されており、今回の実験では 8×24 ピクセルのディスプレイを図 4 のように実装している。ディスプレイの輝度や色も、LED マトリックスに合わせて固定されている。一本のファイバは LED マトリックス内の 1 ドットに対応する。Arduino で表示内容を制御し、図 6、図 7 のようにスクロールテキストや静止した単語などを出力できる。

5. 議論と制約

5.1 考察

同じ 6×6 のドットマトリックスにおいて、図 8 は 3 種類の環境におけるディスプレイの見え方を比較する。環境光が畳全体の見え方に与える影響は大きい。

5.2 制約

プロジェクタを使う方法では、入力輝度はより低い。黒い背景でも明るさがあり、提示内容に対応する画素の周囲も照らされ、図 9 のように、文字がくっきりしない。LED を用いた方法において、入力 LED と畳の出力が厳密に 1 対 1 の対応関係にあることが理想的であるため、実装において正確な提示方法が求められる。文字メッセージ以外の余分な光の影響を受けにくく、正確に対応することが求められる。しかし実験結果として、全てのファイバを LED に密着させることが難しいと考えられる。図 10 はその結果を表す。

5.3 今後の課題

LED のピクセル対応はディスプレイ性能向上の課題の一つであり、実装方法の改善において正確さを求められる。正確な寸法で再構築された 3D モデルのパーツを用いて光ファイバを固定する方法により実装する予定である。ディスプレイの性能は、実装の正確さのほか、画素数、画素間距離、色、明るさに依存すると考えられる。本研究ではシンプルなアルファベットと数字を表示することができているが、画素数の制限により、ひらがなや漢字など複雑な文字の表示は難しい。複雑な文字を表示するためには、ファイバを画素数に応じて並べ替える必要がある。一方、ディスプレイの評価において、文字に対する認識には個人差がある。表示内容を熟知しているかどうかなどの前提知識は、ディスプレイ内容の認識に影響を及ぼす。人間の認識という観点において、より良い表示性能を実現するために、ユーザ調査や実験が必要と考えられる。

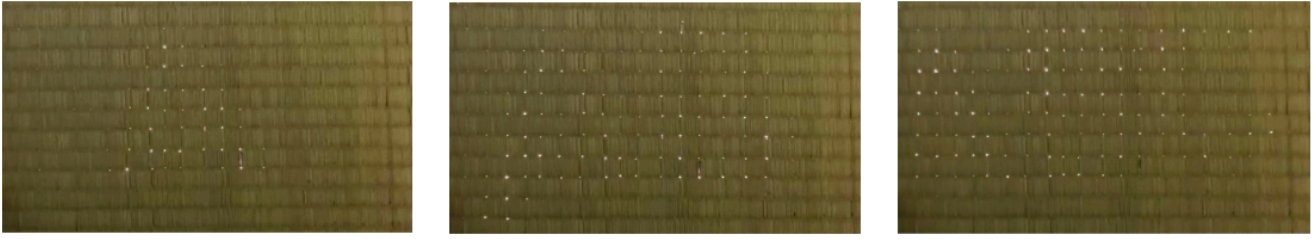


図 5 実験 1：プロジェクタが連続で"ABC"を投影



図 6 実験 2：LED マトリックスがスクロールテキスト"ABCDEFGH"を表示

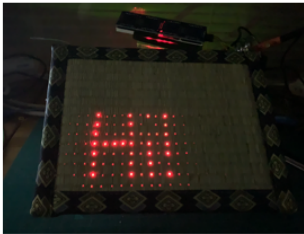


図 7 静止したテキスト

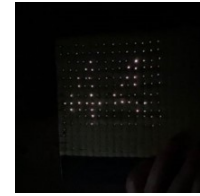
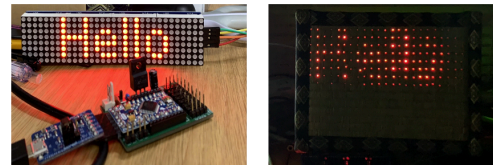


図 9 手法 1 における輝度と画素の制約



LEDマトリックス

畳

図 10 手法 2 における画素対応の制約



光ファイバー直径:0.5 mm
環境:照明なし

光ファイバー直径:0.5mm
環境:照明あり

光ファイバー直径:1.0mm
環境:自然光

図 8 見え方の比較

今後の課題として、まずディスプレイ解像度の向上が挙げられる。また、本研究で実施した 2 つの方法以外にも、他の方法を提案する。ファイバの固定において、3D プリントされたブロックを使う以外に、ゴムなどの他の材料を使用することも試みる。また、よりシンプルなハードウェア実装のために、投影端でカメラキャリブレーションを行うことや、長い光ファイバ用のプロジェクタ手法も提案する。

実際の生活空間で使用するための畳のディスプレイを想定し、アプリケーションのサイズの拡大も考えられる。畳のスケールを拡大することで、単純な文字や数字のほかに、複雑な漢字や画像などの表示も可能にすることを考えている。

6. おわりに

本研究では、プラスチック製の光ファイバを用いた小型の畳ディスプレイを実装した。畳の構造を考慮し、光ファイバを畳表に組み込んだ。入力としてプロジェクタや LED マトリックスを提案し、異なるサイズのファイバにおいてアンビエントディスプレイの試作を行なった。実験として、いくつかの環境下で簡単な文字の表示を試した。本研究は、畳表のディスプレイ化を実現し、畳という伝統的な床空間を利用したダイナミックな生活環境のデザインを提案した。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 JP20H04228 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Baudisch, P., Becker, T. and Rudeck, F.: Lumino: tangible blocks for tabletop computers based on glass fiber bundles, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1165–1174 (2010).
- [2] Harjuniemi, E., Colley, A., Ryttilahti, P., Li, H., Forrest, J. and Häkkinen, J.: Idle stripes shirt: ambient wearable display for activity tracking, *Proceedings of the 2018 ACM international symposium on wearable computers*, pp. 254–259 (2018).
- [3] Irudayaraj, A. A. R., Agarwal, R., Joshi, N., Gupta, A., Abari, O. and Vogel, D.: PocketView: Through-Fabric Information Displays, *The 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 511–523 (2021).
- [4] Lee, H., Kim, Y. and Bianchi, A.: MAScreen: Augmenting Speech with Visual Cues of Lip Motions, Facial Expressions, and Text Using a Wearable Display, *SIGGRAPH Asia 2020 Emerging Technologies*, pp. 1–2 (2020).
- [5] Nakajima, K., Itoh, Y., Tsukitani, T., Fujita, K., Takashima, K., Kitamura, Y. and Kishino, F.: FuSA touch display: a furry and scalable multi-touch display, *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*, pp. 35–44 (2011).
- [6] Olwal, A. and Dementyev, A.: Hidden Interfaces for Ambient Computing: Enabling Interaction in Everyday Materials through High-brightness Visuals on Low-cost Matrix Displays, *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–20 (2022).
- [7] RoomClip: 北欧 琉球畳のおしゃれなインテリア・部屋・家具の実例, , 入手先 (<https://roomclip.jp/tag/770x9151>) (参照 2022/7/28).
- [8] Rudeck, F. and Baudisch, P.: Rock-paper-fibers: bringing physical affordance to mobile touch devices, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1929–1932 (2012).
- [9] Sun, M., Nakashima, T., Yoshimura, Y., Honden, A., Nakagawa, T., Nakashima, Y., Kawaguchi, M., Takamori, Y., Koshi, Y., Sawada, R. et al.: Physiological and Psychological Effects of Volatile Organic Compounds from Dried Common Rush (*Juncus effusus* L. var. *decipiens* Buchen.) on Humans, *International journal of environmental research and public health*, Vol. 19, No. 3, p. 1856 (2022).
- [10] Wakita, A. and Shibutani, M.: Mosaic textile: wearable ambient display with non-emissive color-changing modules, *Proceedings of the 2006 ACM SIGCHI international conference on Advances in computer entertainment technology*, pp. 48–es (2006).
- [11] Willis, K., Brockmeyer, E., Hudson, S. and Poupyrev, I.: Printed optics: 3D printing of embedded optical elements for interactive devices, *Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 589–598 (2012).
- [12] もとやま畳店: 畳を知る, , 入手先 (<https://kyotatami.com/world/about/>) (参照 2022/7/28).
- [13] 京都市歴史資料館: 寝殿造から書院造へ, , 入手先 (<https://www2.city.kyoto.lg.jp/somu/rekishi/>) (参照 2022/7/28).