

Fabcell - Fabric Element

アンビエントディスプレイのための非発光変色テキスタイル

脇田 玲 渋谷 みどり

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

{wakita, lestari}@sfc.keio.ac.jp

抄録: 本論文では、非発光の変色テキスタイルを用いたアンビエントディスプレイ(Ambient Display)の試みについて述べる。我々は、Fabcell(Fabric Element)と呼ばれる導電性繊維と示温性インキによって構成される布型モジュールを作成し、それをピクセルのように組み合わせることで実空間におけるディスプレイを実現した。有機ELなどの発光性のフレキシブルディスプレイと異なり、非発光の変色テキスタイルによる動的なグラフィクスは、環境にとけ込んだ快適で美的な情報表示を実現する。本提案により、ファッションやインテリアに用いられる布製の人工物を対象とした新しいコミュニケーションメディアのデザインが期待できる。

キーワード: アンビエント, 非発光, テキスタイル, ファッション

Fabcell - Fabric Element

Non-emissive Color-changing Textiles for Ambient Display

Akira Wakita Midori Shibutani

Graduate School of Media and Governance, Keio University

{wakita, lestari}@sfc.keio.ac.jp

Abstract: We propose a wearable ambient display using non-emissive color-changing textiles. The system consists of textile modules, their controllers and substrate fabric. The textile module is called "Fabcell" (fabric element) and is composed of conductive yarns and liquid crystal ink. Combining fabcells, as if they are used as pixels, produces real-space ambient display. Different from emissive flexible display such as organic EL, dynamic graphics using non-emissive color-changing textiles actualizes hospitable and aesthetic information display, blending in with environment. Our method will be expected to design brand-new communication media intended for fabric artificial materials, used for fashion and interior decoration.

1 はじめに

TUI(Tangible User Interface)の発展にともない、情報表示デバイスもCRTや液晶などの堅く平面的なものから、可塑性のあるタンジブルなものへと変わりつつある。有機ELなどによる発光型のフレキシブルディスプレイはこの問題を解決する有効な手段として注目を集めてお

り、曲がる小型端末やウェアラブルディスプレイへの応用が期待されている。

一方で、これらのデバイスは積極的にユーザのアテンションを集めたい情報提示には向いているが、ユーザの Awareness に基づいた情報提示には適していない。普段は環境に自然にとけ込んでおり、ユーザが気がついた時にのみその存在を認識し、情報を引き出せるようなア

ンビエントディスプレイ[1]を、快適性かつ美的要素を考慮して提供することが強く求められている。

この問題を解決するために、我々はテキスタイルを用いた情報呈示に着目する。我々の日常生活は、衣服、インテリア、壁紙といった様々なテキスタイルに囲まれている。言い換えれば、テキスタイルは我々の注意の範囲外にあり、アンビエントとして存在しているのだ。通常のテキスタイルは静的に色や模様を表示するものである。しかしながら、非発光である布という素材に対して、汎用的に画像を表示する特性を与えることができれば、アンビエントディスプレイとして機能する可能性が高い。この仮説をもとに、我々は変色テキスタイルとその制御システムを実装することで動的なファブリックグラフィクスを実現する手法を提案する。

2 関連研究

2.1 フレキシブルディスプレイ

ELによるフレキシブルディスプレイ[2]は可塑性が高いために、ディスプレイそのものを丸めて使用したり、衣服に組み込んで利用することなどが可能である。

これによって近年進んでいる実空間における情報表示デバイスとしての利用が期待されている。

Fiber Optic Display[3]は光ファイバーと高輝度LEDを用いたフレキシブルディスプレイである。光ファイバーを基盤の目のように編み込み、その端点にLEDをつけることによって、柔らかな発光面を作り上げている。アプリケーションとして作成された衣服に埋め込んだディスプレイには、携帯端末を通して情報を入力することができる。

これらの発光型フレキシブルディスプレイは積極的にユーザのアテンションを集めたい従来型の情報提示には向いている。一方で、アンビエントディスプレイとしての用途を考えると、発光性の物質は照明などの限られた人工物にしか利用されていないため、応用範囲が狭い。普段はその存在に気づかず、着目したときにだけユーザに情報提示を行うためには、布や紙などの日常に存在する非発光の物質を通した情報提示手法が必要になる。

2.2 非発光の変色テキスタイル

非発光の情報提示手法としては、変色テキスタイルを用いる試みがあげられる。変色テキスタイルの方向性の1つとしては、示温インキを用いる手法がしばしば用いられる[4,5]。これらのテキスタイルは導電性繊維によっ

て織り上げた布に示温インキで模様をつけたものである。電流を流し布そのものの温度を変化させることで、示温インキによって描かれた模様の色が変わったり、模様の表示を切り替えることができる。この手法は布に流す電流の制御のみで色を変化させることができるため作成が容易である。一方で、一般的な示温インキはある条件になると発色するものであるため、基本的に色のON/OFFを実現することしかできず、複数色の変化をとまなうことはできない。

光発色性インキを用いる手法も一般的である[6,7]。光発色性素材によって作成されたテキスタイルは紫外線をあてることによって色が変化する。例えば、SolarActive社によるより糸はデフォルトでは白色だが、紫外線をあてることで別の色（7色の中の1色）に変化させることができる[8]。この手法も示温インキの場合と同じく、基本的に色のON/OFFを実現することしかできず、複数色の変化をとまなうことはできない。

フレキシブルディスプレイと異なり、示温インキや光発色性インキを用いた手法は日常的なオブジェクトに情報を埋め込むことができるため、アンビエントディスプレイには適している。一方で、ともに色の表示/非表示を切り替えることしかできないために、あらかじめ用意された情報がある条件下で表示するという、紙芝居的な切り替えしかできない。インタラクティブで動的な情報表示を実現するために、複数色に変化できる素材の利用が求められている。

2.3 モジュール構造に基づく装身具のデザイン

モジュール構造は柔軟な形態と機能の多様性を実現するために用いられることが多い。bYOB[9]は、センサやマイコンなどが埋め込まれた装身具（靴や衣服）を作成するための、モジュール構造をもったテキスタイルである。ユーザはモジュールである布片をLEGOブロックのように接続するだけで、プログラミングを作業することなく、オリジナルな装身具をデザインすることができる。A-POC[10]は、コンピュータを衣服のデザインに用いた著名なデザインプロジェクトである。製品は布の断片の集合としてユーザに提供される。ユーザは布に入れ込まれた切り込み線に沿って布をカットすることでオリジナルな衣服をつくることができる。

3 デザイン

3.1 アプローチ

我々は基本方針として導電性繊維+示温インキによ

る手法（以下、従来手法）同じく、温度によってインキ色を制御する手法を取っている。詳細は第4章で述べるが、示温インキによる発色数が少ない問題を解決するために液晶インキとよばれる特殊なインキを採用することで複数の発色を可能にした。その上で、従来手法の問題点を解決するために2つの新しいデザインを導入する。それは以下に述べるモジュール構造と3段階のフレキシビリティ構造である

3.2 モジュール構造

従来手法は、あらかじめ布に仕込んだ静的な模様をON/OFF切り替えをしているため、動的なグラフィクスを実現しているとは言えない。ユビキタス時代の新しい娯楽を考えた場合、社会性や場所性といったコンテキストに応じて、動的に任意のデータを表示できることが必要である。この機能を実現するために、我々はモジュール構造によるテキストスタイルを提案する。

先行事例では、大きな布をキャンバスとしてそこに様々な模様を示温インキで書き込み、キャンバスに電気を流して画像を表示している。一方で、我々のアプローチでは、キャンバスに直接絵を描画するのではなく、色が変わる矩形の布モジュール（Fabcell）を作成し、それらに電気を流して色を制御する。図1にあるように、キャンバスに多数の布モジュールを貼付けることで1枚の画像を作成するというものである。

1枚の布モジュールはGUIにおけるピクセルと同様の表示要素と考えることができる。これによって、布地のテクスチャをもった面に任意の画像を表示する実空間グラフィクスを実現することができる。

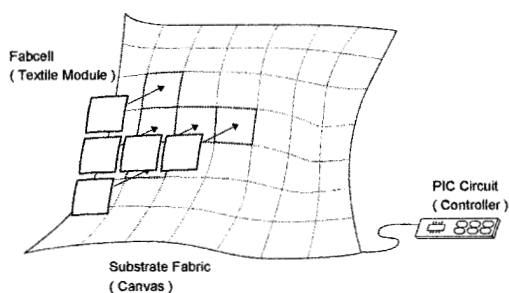


図1：本手法の基本構造

3.3.3 段階のフレキシビリティ

非発光の変色テキストスタイルはフレキシブルディスプレイの1種だと考えることができる。フレキシブルディ

スプレイはその名の通り可塑性があり曲げることができるディスプレイである。この場合、ディスプレイのフレキシビリティは1枚のディスプレイがXY平面上で自由度を持っていることを意味している。

一方で、我々のアプローチではフレキシビリティに3つの段階がある。第1にピクセルレベルのフレキシビリティである。我々の提案する布型モジュールはフレキシブルディスプレイにおけるピクセルに対応するが、この布型モジュール自体がある程度の大きさを持っており曲げたり折り曲げたり、ねじったりすることができる。第2にキャンバスレベルのフレキシビリティである。これは従来のフレキシブルディスプレイと同様に、多数の布モジュールをマトリクス状に配置したキャンバス地を曲げることができるという意味である。第3にディスプレイ形状のフレキシビリティである。従来のディスプレイは矩形であり、4:3の比率を持っているものが一般的である。一方で我々のアプローチでは布モジュールはキャンバス地のどのポジションにも貼付けることができる。マトリクス状に整列させれば従来のディスプレイと同様の形態になるし、ジグザグに配置したり、極端に横長の長方形を作ることもできる。

以上のように我々のアプローチは表示要素をモジュール化することで、LEGOブロックのようなディスプレイデザインを可能にしている。また布地という特性から非発光性素材ならではの暖かみのあるアンビエントディスプレイを実現するものである。

4 実装

4.1 Fabcell

Fabcell (Fabric Element)は非発光の変色テキストスタイルモジュールである。図2にあるように、Fabcellは導電性繊維と通常のより糸によって編まれた7cm平方の布に、液晶インキを塗布したものである。

従来の示温インキを用いた手法と同様に導電性繊維に電気を通して温度を制御することで、その温度がインキに伝わり色が変わる仕組みをとっている。

一般的な示温インキはある温度になると発色するという性質をもつ。そのため基本的には色のON/OFF機能しかもっていないので、素地の色とインキ色の2色の切り替えしか実現できない。

数々の試行錯誤の結果、我々コレステリック液晶インキを用いることで複数色の表示を温度で制御できることを発見した。この液晶インキは低温から高温に変化するに従って、無色、赤、緑、青、へと変色させることができる。我々は人体に影響が少ないと考えられる30~40

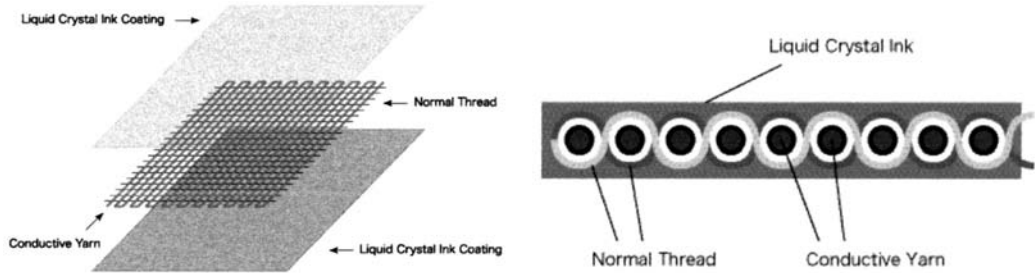


図2：Fabcellの基本構造

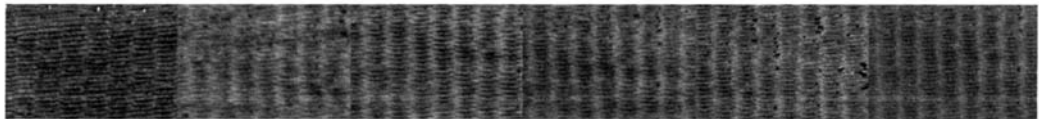


図3：Fabcellの色分布

度の温度域において上記の変色がおきるように調合したものをを用いている。

図3は導電性繊維に電圧を加えて色を変化させた場合の Fabcell の変化を示している。無色の状態は素地の黒が表示されるため、現在は、黒、グレー、ボルドー、オリーブ、緑、青緑、緑青、青の8色の表示が可能である（これらの8色は絶対的な色ではなく、あくまでもユーザへのガイドラインとして提供される）。表面温度 30〜40 度に対応するように電流を制御するプログラムを作成することで、発色を調節している。

一方で Fabcell は電子制御なしでも環境温に応じてその色を変化させる。例えば Fabcell によってつくられた衣服を着用した状態で、真夏の暑い日に冷房の効いた室内に入るとその瞬間に色が青から緑、赤、黒へと変化するのだ。

4.2 Substrate Fabric

Substrate Fabric は 140cm x 110cm の布地で、Fabcell を貼付けるためのフック(hook)がマトリックス状に縫い込まれている。フックの間隔は Fabcell の 1 辺の長さと同じ 7cm であるため、一面に Fabcell を貼付ければ非発光の布型ディスプレイが出来上がる。フックは Fabcell を接続させるためのみならず、Fabcell への電力供給口にすることも考えられる。

Substrate Fabric は多様な使い方が可能である。壁にか

ければタペストリーのようなアンビエントディスプレイになり、体に巻き付けてフックで止め付ければ色の変わる衣服になる。その他、テーブルクロス、カーテンなど布状の柔らかな情報呈示素材として多くの応用が可能である。

4.3 コントローラ

Fabcell の制御には2つの方法が考えられる。1つはマニュアルによる制御、もう1つは画像入力である。

マニュアルによる制御を実現するプロトタイプとして我々は PIC マイコンによる簡易コントローラを作成した。プロトタイプは 3 x 3 fabcell によるアンビエントディスプレイである。図4にあるように回路には 1fabcell ごとに制御用のボタンが用意されており、1つのボタンが1つの Fabcell に対応している。

ボタンを押している間だけ電気が流れ、自身の好きな色でボタンをリリースすることでマニュアルによる操作を可能にしている。

画像入力による制御は以下のプロセスをとる。図5に示すように、まずは GIF などのピクセルごとに色情報をもった入力画像データに対して、縮小処理と減色処理をかける。前に述べたように、現在の Fabcell の表示可能色は8色であるため、色は8色のうちで最も近いものを採用する。この状態でできあがった Fabcell データを PIC マイコンにプログラムごと焼き込みを行う。このマイコ

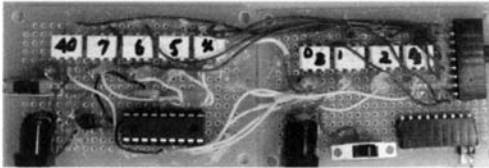
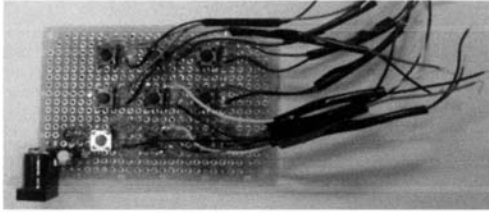


図4：コントローラ。マニュアル用コントローラ（上）と画像表示用コントローラ（下）

ンには Fabcell データ、Fabcell データを電圧へと変換するプログラム、電圧を制御するプログラムが焼き込まれており、Substrate Fabric のフックを介して個々のモジュールの色を制御する。図4にこのプロトタイプの制御回路を示す。

PIC マイコンの9本には足にはフォトモスリレーが接続されている。PIC マイコンから信号が送られると、フォトモスリレーにつながっている 15V の電源がそれぞれ 9 枚の Fabcell に流れるという仕組みである。マイコンからリレーに送る信号を制御することで、Fabcell への通電時間を制御し、結果的に布表面の温度を制御することができるのだ。

5 アプリケーション

アンビエント情報可視化[11, 12]は本手法によるアプリケーションの1つである。

情報を明示的にプッシュするのではなく普段は気にすることないアンビエントとして環境のとけ込ませるためには、布地のテクスチャを持つディスプレイは非常に適している。

例えば、Fabcell をマトリックス状に配置した Substrate Fabric をタペストリーのように壁にかけると、抽象画のような幾何学模様を介した情報表示が可能である。自宅での利用を想定すると、来客に気づかれることなく、情報を知りたい場合が多々ある。そのような場合に、タペストリーの一部の模様が変わった時にそれが意味することを住人だけが知っていれば、プライバシーを考慮したアンビエントディスプレイができて上がる。

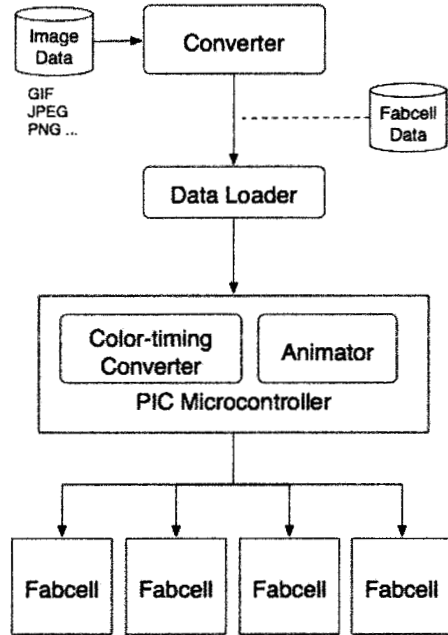


図5：システム図

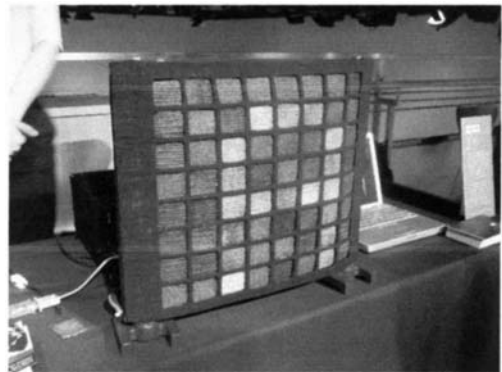


図6：Fabcell によるアンビエントディスプレイ

また、壁紙やカーテンなどに適用することで、毎日模様替えができる部屋を実現することも可能である。

図6は Fabcell を用いて作成した 8x8 ファブセル（ピクセル）のアンビエントディスプレイである。図に示すようにアルファベットや数値などの明示的な情報を提示することはもちろんのこと、座標値と色情報の組み合わせにより、先述したようにユーザによって情報が引き出されるようなメディアをデザインすることが期待される。

謝辞

本研究開発は、独立行政法人科学技術振興機構(JST)による戦略的創造研究推進事業(CREST)の支援を受けて行われました。

参考文献

- [1] Craig Wisneski, Hiroshi Ishii, Andrew Dahley, Matthew G. Gorbet, Scott Brave, Brygg Ullmer and Paul Yarin, Ambient Displays: Turning Architectural Space into an Interface between People and Digital Information, Proceedings of the First International Workshop on Cooperative Buildings, Integrating Information, Organization, and Architecture, pp.22-32, 1998.
- [2] Suzanne Lee, Warren du Preez and Nick Thornton Jones, "Fashioning the Future: Tomorrow's Wardrobe", Thames and Hudson Ltd, 2005.
- [3] Fiber Optic Display, http://www.francetelecom.com/en/financials/journalists/press_releases/CP_old/cp040701.html
- [4] Joanna Berzowska and Arkadiusz Banasik, "Very Slowly Animating Textiles: Shimmering Flower", Conference Abstracts and Applications of SIGGRAPH 2004 (Sketches and Applications), 2004.
- [5] Margot Jacobs and Linda Worbin, "Reach: dynamic textile patterns for communication and social expression", CHI '05: CHI '05 extended abstracts on Human factors in computing systems, pp.1493-1496, 2005.
- [6] Lars Erik Holmquist and Linda Melin, Using Color-Changing Textiles as a Computer Graphics Display, Conference Abstracts and Applications, ACM SIGGRAPH 2001.
- [7] Lars Hallnas and Linda Melin and Johan Redstrom, Textile displays: using textiles to investigate computational technology as design material, NordiCHI '02: Proceedings of the second Nordic conference on Human-computer interaction, pp.157-166, 2002.
- [8] SolarActive, <http://www.solaractiveintl.com>.
- [9] Gauri Nanda and Adrian Cable and V. Michael Bove and Moneta Ho and Han Hoang, "bYOBB [Build Your Own Bag]: a computationally-enhanced modular textile system", MUM '04: Proceedings of the 3rd international conference on Mobile and ubiquitous multimedia, pp.1-4, 2004.
- [10] Issei Miyake, Dai Fujiwara, Mateo Kries, "A-Poc Making: Issey Miyake and Dai Fujiwara", Vitra Design Stiftung, 2001.
- [11] Tobias Skog, "Activity wallpaper: ambient visualization of activity information", DIS '04: Proceedings of the 2004 conference on Designing interactive systems, pp.325-328, 2004.
- [12] Lars Erik Holmquist and Tobias Skog, "Informative art: information visualization in everyday environments", GRAPHITE '03: Proceedings of the 1st international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia, pp.229-235, 2003.