

# 多層印刷による多発色型情報提示手法の基礎検討

小泉 直也<sup>1,2,a)</sup> 水原 遼<sup>1</sup>

**概要:** 本稿では、発光ではなく発色による情報提示手法の多色化に関して報告する。発色型情報提示は、環境の光を反射することで情報を提供する手法であり、太陽光下などの明るい環境での活用が期待されている。しかしながら、既存の研究では屋外での活用が難しい点や、単色での表現しかできないなどの課題があった。そこで、本研究では発色制御層・色彩層・レジストレーション層の多層構造を用いて、光線の反射、透過、吸光の機能を波長ごとに変化させることによる、発色型情報提示の多色化技術を検討した。本稿では、赤外線透過する黒色クロミックとインクジェットプリンタカラーインク、赤外線を吸収するインクジェットプリンタ黒色インクを使い分けることによる実装例を示す。

## Color-forming Display by Multilayered Functional Print

KOIZUMI NAOYA<sup>1,2,a)</sup> MIZUHARA RYO<sup>1</sup>

**Abstract:** In this paper, we present a method of multicolor-forming display. Color-forming display is a method which display the color by reflecting ambient light. It is expected to be utilized in a bright environment such as under the sunlight. However, previous research is not suitable for outdoors. Because it can display only in monochrome. Therefore, in this study, we propose multicolor-forming display by using multilayer printings which is the coloring control layer, the color layer and the registration layer.

### 1. はじめに

発色型情報提示は、機能性インクにエネルギーを伝達する手法を用いて、物理的実体の発色状態を変化させることで動的な情報提示を実現する手法である。一般的に広く用いられている液晶モニタなどの発光型ディスプレイと異なり、自ら発光するのではなく環境光の光の反射を活用するため、印刷物などと同様に環境が明るいほうが視認性が向上する点が特徴である。

インクを対象物に塗布してデザインを行うため、様々な形状や素材に応用可能である点も特徴である。ただし一色表現ではなく多色化を目指す場合には、どの位置にどの色が塗布されているかを確認する必要がある。位置合せのレジストレーションが難しい。そこで、発色制御層・色彩層・レジストレーション層と機能の多層化による発色型情報提

示の多色化技術を検討した。

### 2. 関連研究

#### 2.1 発色型情報提示手法

デジタルファブリケーションの研究として、表面の質感のデザインに関する取り組みが行われている。Zhang らは Hydrographic Printing を対象にした研究を実施しており、複雑な形状の表面にデザインを貼り付けることを実現している [1]。

同様に、物体の表面の質感や色彩のコントロールに関する取り組みとしては、発色型情報提示の研究が挙げられる。発色型情報提示は、外部の刺激に反応して色が変わるクロミズムと呼ばれる現象を用いて、実物体の外観を変化させる手法である。一般のプロジェクションマッピングでは、光を投影し対象の色彩情報に上書きするため、暗所ではないと使用できない一方で、クロミック材料は反射によって色を呈するため、日中の明るい場所でも使用することができる。クロミック材料として、熱に反応するサーモクロミック材料と光に反応するフォトクロミック材料がある。

<sup>1</sup> 電気通信大学  
1-5-1, Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182-8585, Japan

<sup>2</sup> 科学技術振興機構 さきがけ  
JST Presto

a) koizumi.naoya@uec.ac.jp

Anabiosis [2] は紙に描かれた絵にサーモクロミック材料を埋め込むことで紙面上での動的な色彩表現を実現するものである。また inkantatory paper ではインクジェットで印刷可能な導電性インクを使用して紙面上に印刷できるヒーターを設計し、タッチセンシング(入力)と発熱制御による発色変化(出力)を可能にしている [3]。しかしこれらの手法はスイッチングを行うエネルギー源であるヒーターを制御対象に埋め込まなければいけない。一方で, Saaks らの Shader Printer[4] のように, 外部よりエネルギーを投影することで, 対象物に塗布したクロミック材料をスイッチングする手法もある。西村らは UV プロジェクタを用いて印刷された多色フォトクロミックインクの発色をコントロールすることで, 複数の色を用いた発色型情報提示を実現しているが, 投影光と投影面のインク配置との位置合わせのために黒枠のパターンを必要とするという課題があった [5]。

## 2.2 不可視情報を用いた位置合わせ手法

本研究ではエネルギー投影位置のレジストレーションを行う必要がある。先行研究 [5] では黒枠を用いていたが, 本研究では人への視覚情報を提示することが目的であるため, 人には不可視な手法でレジストレーションを行うことが望ましい。そこで, 不可視光として赤外線を用いた位置認識技術を援用することとした。中里らは, 実環境に配置した半透明の再帰性反射材からなるマークに赤外光を照射し, その反射を赤外線カメラで撮影・認識することで, ユーザの位置を認識する方法を提案している [6]。本研究においても, 赤外線カメラを用いて不可視領域で位置検出をすることとした。

## 3. 提案手法

### 3.1 原理

本研究では機能の多層化による発色情報提示手法の実現を目指す。このため, 機能別多層化による発色型情報提示手法を提案する。本研究では三層構造を検討する。人の目に近い方から, 発色制御層・色彩層・対象物・レジストレーション層と並べる。発色制御層には黒色の双安定性クロミックインクを塗布し, 可視光の発色または吸光の調整を行う。レーザーによって熱を加え, 発色制御層を可視光の吸光から透過へと切り替える (図 1)。その下層には色彩層を配置し, CMY などの多色ドットパターンをあらかじめ印刷しておき, 色彩の提示を行う。この時, 色彩層の印刷対象として赤外線透過素材を用いる。さらに最下層にレジストレーション層を印刷しておくことで, 両面印刷情報を用いて位置合わせができる。これによって赤外線を用いてレジストレーションパターンを認識できるようにする。具体的な多層構造を図 2 に示す。

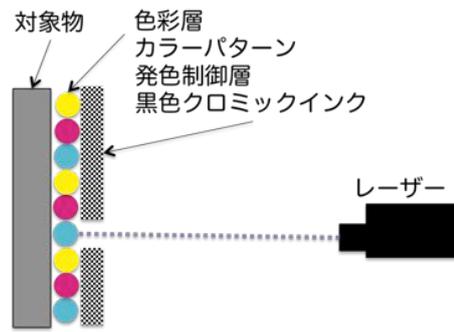


図 1 レーザーによる発色制御  
Fig. 1 Principle

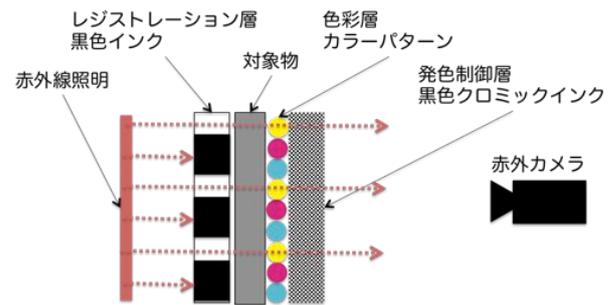


図 2 構造  
Fig. 2 System

### 3.2 実装

本稿では二次元の素材で実験を行った。OA 用紙 (プラスチックカラーレーザー用紙 両面マット紙 厚口) に, インクジェットプリンタ (IP100 Cannon) を用いて, 表側に 5mm 各の CMY をパターンと, 裏側に AR マーカーをそれぞれ印刷した。表面の様子を図 3, 背面の様子を 4 に示す。さらに表側から, エアブラシを用いて黒色フリクションインクを塗布した。これはフリクションインクを一層塗るだけでは黒色が薄く下の CMY のカラーパターンが視認できてしまうため, 厚みのある塗りを行うためである。実際に黒色インクを塗布し, CMY の 1 要素部分の色を消色した例を図 5 に示す。



図 3 表面の様子  
Fig. 3 Surface print



図 4 裏面の様子  
Fig. 4 Backside print

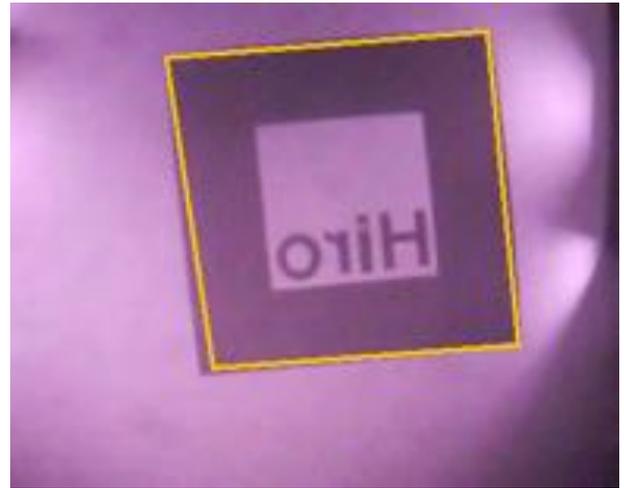


図 6 AR マーカーの検出  
Fig. 6 AR marker detection

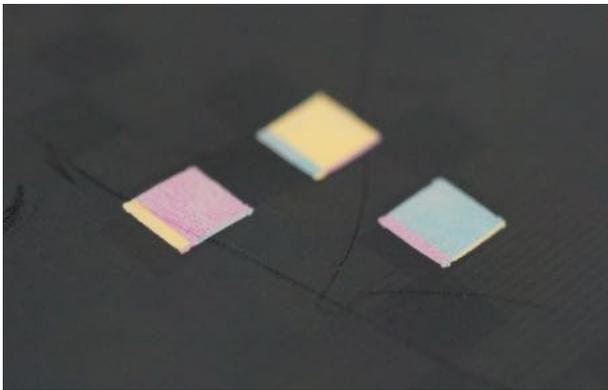


図 5 黒色インクとその一部の発色の様子  
Fig. 5 Black and color

## 4. 原理検証

### 4.1 実験概要

本研究では、印刷によって上下両面にカラーパターンとレジストレーション用パターンを印刷した。双安定性サーモクロミックインクであるフリクションインク [7] と CMY インクジェットインクが赤外線透過し、かつ黒色インクが赤外線を吸収すれば、図 2 の構造で人の目には不可視のマーカーを認識することができる。そこで、この特性を確認すべく、多層印刷による多発色型情報提示の原理検証を行った。

赤外線カメラとしては DC-NCR300U に、光吸収赤外透過フィルム (FujiFilm IR-88) を取り付けたものを使用した。また背面の光源には 850nm の IR LED を使用した。

### 4.2 実験結果

黒色の双安定性クロミックインクを塗布し、背面の AR マーカーを認識できることを確認した。赤外線カメラによって AR マーカーを認識している様子を図 6 に示す。

## 5. 多色評価

### 5.1 実験概要

カラーパターンの中から特定の色を取り出すことを実施した。実験には、CMY のパターンをインクジェット印刷した白色紙に対して黒色フリクションインクを全体に塗布した素材を用いた。使用したレーザーは SmartDIY 社の FABOOL Laser Mini (1.6W モデル) を用いた。レーザーの強度を調整したところ、3000mm/min とし、強度は 11% とした際に、黒色フリクションインクが復色可能かつ色が透明化することがわかったので、この設定を用いた。

### 5.2 実験結果

レーザーによって選択的にシアン、マゼンダ、イエローを発色させた様子を図 7,8,9 に示す。フリクションの消色に関して、白濁が生じており、十分に発色させることができていないことが分かる。

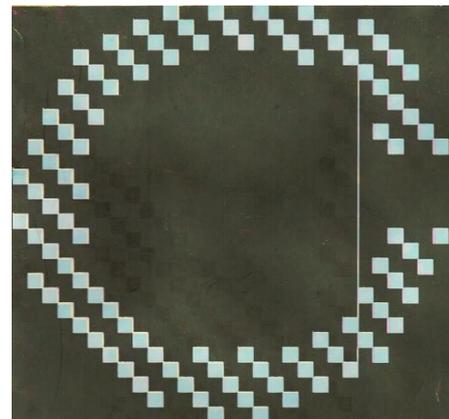


図 7 シアンの発色  
Fig. 7 Cyan C

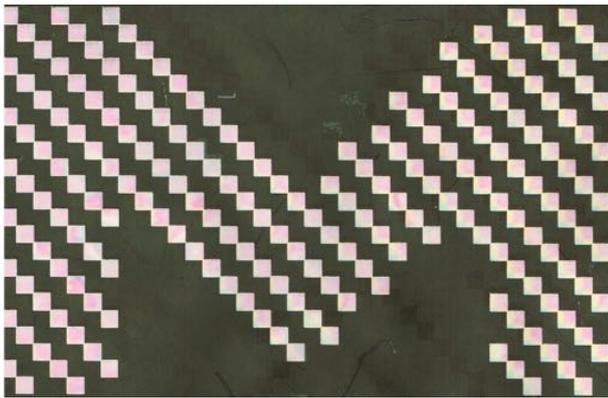


図 8 マゼンタの発色  
Fig. 8 Magenta M

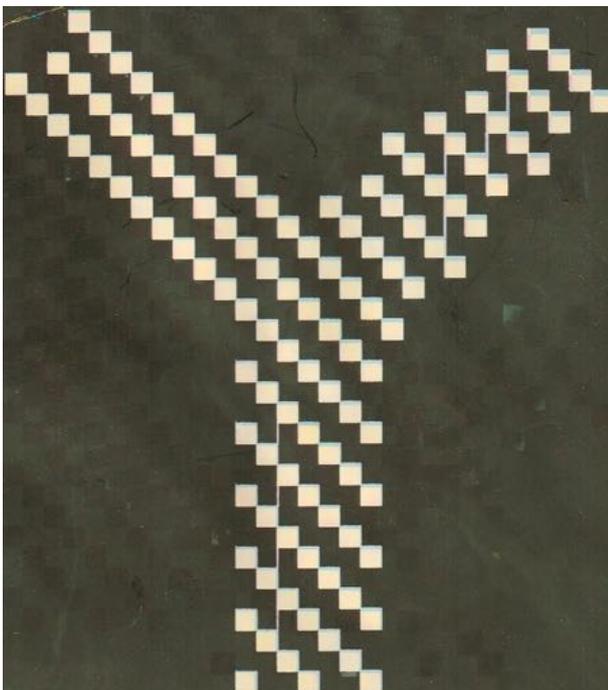


図 9 イエローの発色  
Fig. 9 Yellow Y

## 6. 考察

### 6.1 現状の課題

本研究の現状の課題をまとめる。

まず、インクの塗布を行う素材として選定が課題となっている。先行研究の Shader Printer では塗布対象として不燃性の ABS を使用しているため、発火の恐れがなく、十分な加熱を行うことが出来た。しかし、現在用いている OA 用紙は可燃性のためレーザーの強度調節が重要になっている。さらに、熱が強すぎるとインクが破損し、復色しないこともあるため、レーザー強度の調整に関しては今後も検討を行う必要がある。

また、今回は背面からの赤外線投影を用いた構造を採用したが、これが前面からの赤外線投影で実現できると、壁

面や床面などの様々な対象に対して多層構造を壁紙のように貼り付けるだけで実施可能になると考えている。そこで、レジストレーション層の背面に赤外光を適切に反射する素材を検討し、大平面での活用に向けた検討を進める。

また、三次元形状に対する多発色型情報提示を実現にむけて、3D プリンタの印刷密度の調整や多色プリンタを活用した構造設計も進めたい。

## 7. まとめ

本研究では、多発色型情報提示技術の確立に向けて、多層印刷による多発色型情報提示手法の基礎検討を行った。本研究では発色制御層・色彩層・対象物・レジストレーション層の多層構造を提案した。多層構造によって、可視光では黒または CMY などの色レーザーの熱による、発色制御層の双安定性クロミックインクの選択的な色表現の実現可能性を示した。今回は二次元面を対象として、多層印刷による多発色型情報提示手法の基礎検討を行った。今後は三次元プリンターを用いて三次元形状の物体に対する多色発色型情報投影技術を実現したい。

**謝辞** 本研究は科研費 (16H01666) の助成を受けたものである。また本研究のアイデアは科研費新学術領域 多元質感知 の領域会議での議論が元になっている。積極的な議論を促してくださった領域メンバーに感謝する。

## 参考文献

- [1] Zhang, Y., Yin, C., Zheng, C., Zhou, K.: Computational Hydrographic Printing; ACM Trans. Graph., Vol. 34, No. 4, Article 131, 11 pages. (2015).
- [2] Kohei Tsuji and Akira Wakita: Anabiosis: an interactive pictorial art based on polychrome paper computing, In Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE '11), Article 80, 2 pages(2011)
- [3] 辻井 崇紘, 小泉 直也, 苗村 健: Inkantatory Paper: 銀ナノ粒子インクを用いた発熱制御に基づく発色式紙面インタフェース, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 20, No. 2, pp.107-113 (2015)
- [4] Daniel Saakes, Masahiko Inami, Takeo Igarashi, Naoya Koizumi, and Ramesh Raskar: Shader printer, In ACM SIGGRAPH 2012 Emerging Technologies, Article 18, 1 pages(2012).
- [5] 西村 光平, 小泉 直也, 橋田 朋子, 苗村 健: 紙面への発色型映像投影技術の多色化. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 19, No. 3, pp.377-385(2014).
- [6] 中里 祐介, 神原 誠之, 横矢 直和: 不可視マーカを用いた位置・姿勢推定のための環境構築とユーザ位置・姿勢推定システム, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 13, 2, 257-266(2008).
- [7] パイロット: フリクション, 入手先 (<http://friction.jp/>) (2016.12.20).