

掃除機型ロボットを用いた 発色型情報提示手法の大規模空間への拡張に関する検討

小泉 直也^{1,2,a)} 藤森 秀^{1,b)}

概要：本研究では，掃除機型ロボットを用いた発色型情報提示手法の大規模空間への拡張に関する基礎検討を行った．発色型情報提示とは，エネルギーによって状態が変化する素材を用い，環境光に対する反射特性を変化させることで，実物体の色彩をコントロールし情報提示を行うものである．これまで様々なエネルギー伝達手法を試みてきたが，本研究では，ロボット掃除機を採用する．ロボット技術の普及により，家庭でもロボット掃除機が広く使われるようになってきている．掃除機は環境をキレイ（清潔）にすることを目的としたものであるが，発色型情報提示はモノの見えをキレイ（美的）にすることを目標にしたものである．そこで本研究では，既存の発色型情報提示手法と，家庭用掃除機ロボットによる平面上を移動を組み合わせ，掃除と美的調整としての描画を同時に行う手法を提案する．本稿では，試作したシステム及びそれによる描画サンプルの見える経時変化に関して確認を行った．

Towards large scale color-forming display with cleaner type robot

KOIZUMI NAOYA^{1,2,a)} FUJIMORI SHU^{1,b)}

Abstract: In this research, we present an extension method of color-forming display method using vacuum cleaner type robot for large scale space. The color-forming display is a display method using reflection of ambient light, and controls the color of the real object. Due to the spread of robot technology in recent years, robot vacuum cleaners have been widely used even at home. The vacuum cleaner is intended to clean the environment, and, color-forming display aims to make aesthetic appearance of things in real world. Therefore, we propose a combination of existing coloring-forming display method and movement on a plane by household vacuum cleaner robot. This realized a method of simultaneously cleaning and drawing as aesthetic adjustment. In this paper, we confirmed the prototype system and the temporal change of appearance of drawing sample by the system.

1. はじめに

Computational Fabrication の技術によって，モノづくりのスピードが高速化し，その技術を視覚情報提示技術として用いる Shape Chainging Display 等に活用されつつある．これは実世界のモノそのものが制御されディスプレイとして振る舞う技術である．センシングした値に合わせ

て，機能性材料にエネルギーを加え，色・形・位置などをコントロールすることで，既存の液晶ディスプレイやプロジェクタとは異なった視覚提示を実現している．

発色型情報提示は，実物体表面にクロミック素材を塗布し，そこにエネルギーを加えることで光学的特性を変化させ，視覚提示として用いる情報提示技術である．クロミック素材とは条件によって可逆的に色彩が変化する素材であり，何回でも繰り返すことができる特徴がある [1]．これまでに様々なエネルギーの伝達手段が検討されてきたが，実用化に向けた検討が十分になされていなかった．本研究では，先行研究 [2] のロボットによる描画というアイデアを踏襲し，掃除機型ロボットと組み合わせることを試み

¹ 電気通信大学
The University of Electro-communications, Chofu, Tokyo
182-8585, Japan

² さきがけ
JST PRESTO

a) koizumi.naoya@uec.ac.jp

b) f1710546@edu.cc.uec.ac.jp

た。掃除機型ロボットに、「清掃する」と「描画する」の2つの「キレイにする」機能を持たせることで、掃除と模様替えを一度に実施するような新規ロボットを提案する。

2. 関連研究

2.1 塗布型情報提示技術

ここでは、環境に溶け込む情報提示技術の一つで、環境の実物体にインクを塗布し、そのインクの光学的特性を変化させることで情報提示を行う塗布型情報提示技術に関して述べる。主に環境光に対する反射特性を変化させる発色型情報提示 [3] と、励起等によって光を出す発光型情報提示 [4] がある。

発色型情報提示は紙との相性が良く、新たな視覚表現としてのサーモクロミックインクとの融合に関する試みがなされている [5], [6]。またフォトクロミックインクを用いた研究例がいくつかあり、描画用のシステムとして UV プロジェクターを用いている。多層化による三次元発色型情報ディスプレイ [7] や多色フォトクロミックインク印刷を用いた発色型情報投影の多色化 [8] など様々な技法が試みられているが、紫外線プロジェクタの特殊性が高く、一般的な手法にはなっていない。そこで本研究では、入手性の高い紫外線 LED を用いて、既存の発色型情報提示技術を参照しつつ、新規の試みとして移動体にエネルギー投影を実施させることとする。

2.2 大規模空間描画

大規模空間に対して描画を行う研究に関して述べる。最も普及しているアプローチはプロジェクションマッピングと呼ばれる手法である [9]。これは、使用できる場所が暗所に限定されるものの、映像手法と組み合わせることで様々な表現を実現でき、既に商業的にも広く用いられている。しかし、床面等の人が移動する場所への描画は影が生じるために難しい。一方、床面に描画する手法としては、チョーク粉を使った Chalkbot [10] があり、広告として成立させたものであるが、粉を用いるため室内への展開は難しい。また、先行研究ではサーモクロミックインクとロボットを組み合わせた手法を提案しているが、対象の温度を計測する必要があることや、ヒーターでの発熱に電源容量を必要することが問題になっていた。一方、橋田らフォトクロミックインクを用いた研究に取り組んでいる。例えば、太陽光の紫外線・可視光線とジアリルエテンの塗布された面に対する影によって空間を彩るソラカラ [11] を提案している。さらに、[12] ではユーザーの足に取り付けた紫外線 LED によってフォトクロミックインクが一面に塗布された床面に足跡を描画する手法を実現している。本研究でもそれを参考に、フォトクロミックインクを床面に塗布する方法を採用した。

3. 提案手法

3.1 使用するインクの選定

先行研究 [2] では、屋外の利用を想定してサーモクロミックインクを使用していたが、書き換える際に全体を冷やす必要があり、実利用が難しかった。そこで、低消費電力で色彩変化を生じることのできるフォトクロミックインクを選択することにした。フォトクロミックインクの特性に関しては、橋田らの研究 [3] を参考にし、最も退色が緩やかな変化になる DAE-MP (ジアリルエテン) を選択した。

3.2 試験的実装

本研究では、移動型ロボットとして iRobot 社の iRobot Create 2 Programmable Robot を用いた。この create 2 はシリアルポート経由で、ルンバのモーターを動かし、センサの値を読み取る等のことができ、プログラムが容易である。また清潔かつ美的であるという、2つのキレイを実現しようとするコンセプトを示すにあたり、掃除機をベースにしたルンバを用いることが適していると考え、本製品を採用した。

具体的なシステム構成を図 1 に示す。この Create 2 に 365nm の紫外線を照射する LED (NS365L-5RFS, NITRIDE SEMICONDUCTORS .Co.,Ltd) をつけて、DAE-MP を塗布したシートの上を走らせることによって描画を行う。LED 駆動においては 20mA を流すように設計を行った。搭載されている LED は 14 個であり、それぞれを独立して点滅させることができる。LED 間の距離は LED の大きさ及び半値角度を踏まえ、10 mm とした。この LED ユニットの Create 2 の後方に取り付けた。試作したロボットシステムの外観を図 2 に、LED アレイの様子を図 3 に示す。

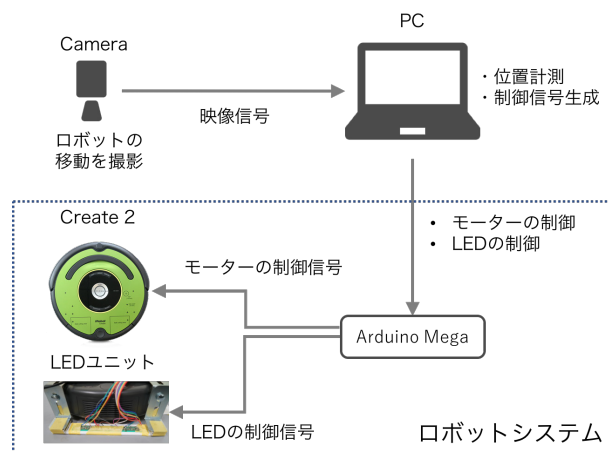


図 1 システム構成

Fig. 1 System diagram

Create 2 の位置を取得するために、AR マーカーを 2 つ用

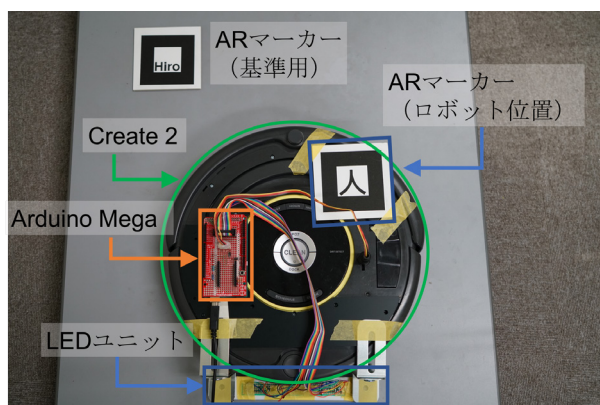


図 2 試作したロボット

Fig. 2 Prototype

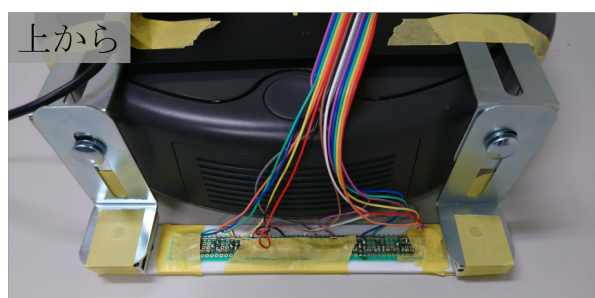


図 3 LED ユニット

Fig. 3 LED module

いた。1つをルンバにのせ、もう一つを基準用として、地面に設置した。PCに接続したwebカメラ(DC-NCR300UY, Hanwha Japan)で撮影し、processingを用いてルンバの基準マーカーに対する座標を計算した。使用したライブラリはNyARToolkit[13]である。PCからCreate 2の座標に従って、モーターやLEDユニットの制御信号をArduinoにシリアル通信でデータを送った。具体的には、Create 2が10mm進むごとに送信した。このArduinoはCreate 2のシリアルポートに接続されており、モーターを制御する際には、Arduinoからシリアルポートを通じてモーターの制御コードを送信した。またArduinoはLEDユニットに接続されており、LEDの点滅を制御することができる。描画時はLEDの一箇所につきLEDの点灯を3秒行った。

3.3 視認性に関する評価

試作したシステムの動作確認及び描画内容の視認性の確認を実施した。図4に、システムによってUECと記載し

た際の様子を示す。また、本システムで描画後の1,2,3時間後の様子を図5,6,7に示す。撮影環境は蛍光灯下であり、描画位置の照度は478 lxであった。これより、化学変化が十分に生じており、約一時間は描画が視認できることが分かる。さらに、先行研究のような強力な紫外線プロジェクタや太陽光ではなく、LEDによる実装でも、描画内容がある時間に渡って保たれることが分かった。



図 4 描画直後の様子

Fig. 4 Drawing

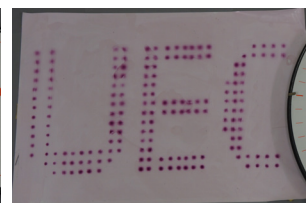


図 5 描画 1 時間後の様子

Fig. 5 1 hour later

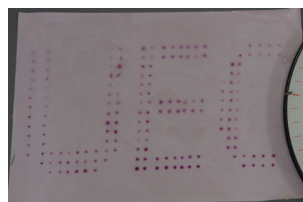


図 6 描画 2 時間後の様子

Fig. 6 2 hours later



図 7 描画 3 時間後の様子

Fig. 7 3 hours later

3.4 考察

現状の課題として、ジアリルエテン溶液の塗布の不均一性による色彩ムラなどの実装の安定性の向上が挙げられる。さらに蛍光灯環境下とLED灯環境下の違いや、室温の違いによって退色の速度が変化するため、安定的な描画状態の維持に必要な紫外線の投影量を定量的に算出できていない。今後はその仕様を明らかにすることで、安定的な発色状態の維持を実現したい。また構造上の問題として、現在の方法では単色の制御しかできない点が挙げられるが、これに関しては複数の色インクを塗布することや、マルチカラーパターンの上面に黒色クロミックインク[15]塗布し、選択的に色を制御する方法が考えられる[14]。

現在の構成では、位置計測をカメラによって行っており、動作可能範囲が限定される。また、どの位置に何を描画するかの検討などのデザインツールも今後必要になる。今後は、実世界の位置と描画位置の位置合わせが容易にできるデザインツールの設計を進めたい。

4. まとめ

本研究では、発色型情報提示手法を大規模空間で実施するために掃除ロボットを導入して基礎的な検討を行った。発色型情報提示は実物体の物理的な色を変化させること

で、情報を提示するものである。室内の明るい環境で、大規模な情報提示の実現を目指し、ジアリルエテンに対して365nmのLEDで紫外線を投影し、掃除機型ロボットの移動に合わせてLEDの点滅を行うことで描画に取り組んだ。その結果、明所で十分視認可能な色彩変化が生じ、視認可能な情報提示が実現できた。ただし、ジアリルエテンの塗布の安定性に欠けており、均一的な塗布などの改善を行い、定量的な評価が必要があることを確認した。今後は、本手法を用いるためのデザインツールの設計などを進め、発色型情報提示の実利用に向けた開発を行う。

謝辞 本研究は科研費(16K16098)の助成を受けたものである。また電気通信大学 研究支援員配置プログラムに支援を受けた。

参考文献

- [1] 斎藤勝裕: 光と色彩の科学, 講談社 (2010)
- [2] 小泉直也, 三村 京太郎, 杉浦 裕太: 発色型情報提示手法の大規模空間への拡張に関する基礎検討, 情報処理学会インタラクシオン 2017, インタラクシオン 2017 論文集, 358 – 360(2017)
- [3] 橋田 朋子, 西村 光平, 苗村 健: Hand-rewriting : 紙面上における人とコンピュータの協調的な加筆と消去, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 19, No. 3, pp.367–375(2014).
- [4] Simon Olberding, Michael Wessely, and Jürgen Steimle: PrintScreen: fabricating highly customizable thin-film touch-displays. In Proceedings of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '14), pp. 281 – 290 (2014).
- [5] 辻 航平, 脇田 玲: Material Syncretism : 紙とコンピューテーションの調和による表現の開拓, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 18, 3, 305–314(2013)
- [6] 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)
- [7] Tomoko Hashida, Yasuaki Kakehi and Takeshi Naemura: Photochromic sculpture: Volumetric color-forming pixels, SIGGRAPH 2011 Studio Talks, No. 11 (2011).
- [8] 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, 19, 3, 377 – 385(2014).
- [9] Mine, M., Rose, D., Yang, B., Jeroen van Baar, and Grundhöfer, A: Projection-Based Augmented Reality in Disney Theme Parks, IEEE Computer 45, 7, 32 – 40 (2012).
- [10] Nike, LIVESTRONG: chalkbot, 入手先 <<https://www.youtube.com/watch?v=fKkQM9I6X24>> (2016.12.20).
- [11] 橋田 朋子, 笥 康則, 苗村 健: ソラ・カラ : 太陽光を活用した屋外空間の発色制御, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 17, 3, 279-288(2012).
- [12] Daniel SaakesTakahiro TsujiiKohei NishimuraTomoko HashidaTakeshi Naemura: Photochromic Carpet: Playful Floor Canvas with Color-Changing Footprints, Advances in Computer Entertainment. Lecture Notes in Computer Science, vol 8253, 622–625 (2013).
- [13] NyARTToolkit project: NyARTToolkit for Processing, 入手先 <<https://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/>> (2017.12.23).
- [14] 小泉 直也, 水原 遼: 多層印刷による多発色型情報提示手法の基礎検討. 情報処理学会 インタラクシオン 2017, インタラクシオン 2017 論文集, 397 – 400 (2017)
- [15] Daisuke Iwai, Shoichi Takeda, Naoto Hino, and Kosuke Sato: Projection screen reflectance control for high contrast display using photochromic compounds and UV LEDs, Opt. Express 22, 13492-13506 (2014)