

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

小泉 直也^{1,2,a)} 三村 京太郎¹ 杉浦 裕太³

概要：本研究では、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、環境光の反射を用いた情報提示手法であり、実物体の色彩をコントロールすることで情報の書き換えを行うものである。既存の発色型情報提示では、レーザーや UV プロジェクターなどのエネルギー投影手法を用いており、空間中に強力なエネルギーを放出してしまうため、大規模化がなされていなかった。そこで本研究では、エネルギー散布の符号化をロボットの制御によって行うことで、エネルギーの放出による危険性を排除した手法を提案する。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屋外太陽光下での見えの確認を行った。

キーワード：発色型情報提示, サーモクロミックインク, ロボット

Towards large scale color-forming display

KOIZUMI NAOYA^{1,2,a)} MIMURA KYOTARO¹ SUGIURA YUTA³

Abstract: In this research, we present a basic study on color-forming display for large scale space. The color-forming display is an display method using reflection of ambient light, and controls the color of the real object. In the previous study, it utilized by energy projection method such as laser and UV projector. Since it releases strong energy, it is difficult to apply large space. In this research, we propose a method that eliminates the risk of energy emission by controlling energy distribution by robot. In this paper, we describe the prototype and confirm the appearance of drawing sample.

Keywords: Color-forming display, Thermochromatic ink, robot

1. はじめに

実世界の物体を情報世界と融合させることで、物理世界で情報世界の利便性を享受できるしくみとして拡張現実感 (AR) の研究が行われている。その中でもプロジェクションマッピング等の投影型 AR は HMD などの特殊な装置を身につけること無く、多くの人と同時にその利便性を享受できる手法であるが、一般的に情報投影装置と投影対象の位置は一定であるか、または対象位置のセンシングしなが

ら使う必要がある。そのため、例えば投影対象を自由に持ち歩いたりすることが難しい。これに対して、発色型情報提示では実物そのものの色を変化させる手法が知られている。これは、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に着目し、この変色のスイッチングをコントロールすることで情報提示を行う手法である。本研究の目的は、発色型情報提示手法を大規模空間に展開する手法を明らかにし、床面や壁面などをリライタブルなメディアにすることである。プロジェクターなどを用いた投影型拡張現実感の研究において、空間を光によって演出・修飾する手法が多く検討されている。本研究で現実そのものを書き換える発色型情報提示による大規模な空間創生技術の構築に挑戦する。具体的には、大規模空間に外部からのエネルギーで変色するクロミックインクを塗布し、移動ロボットを用いた符号化エネルギー散布による情報提示手法の提

¹ 電気通信大学
1-5-1, Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182-8585, Japan

² 科学技術振興機構 さきがけ
JST Presto

³ 慶應義塾大学
KEIO University

a) koizumi.naoya@uec.ac.jp

案・設計・実装を行う。

2. 関連研究

2.1 発色型情報投影エネルギー投影手法

発色型情報提示に関して述べる。Daniel らは蛍光・蓄光塗料と紫外レーザーを用いた情報提示手法 Slow Display[1]を提案した。またその研究を発展させ、Shader Printer[2]において、3次元物体の全面に塗布された双安定性サーモクロミックインクを使用して部分的に消色制御してモノにデザインを付与することに成功した。また小泉らはエネルギー投影手法を伝統工芸で使用される漆芸と組み合わせることによって、漆の表面の模様をデザインに応用している[3]。さらにレーザーの代わりにUVプロジェクターを用いる研究としては、フォトクロミックインクによる三次元発色型情報ディスプレイ[4]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[5]なども実施されている。

しかしこれらの手法は、エネルギーとしてレーザーを用いて被対象物に投影しているため、空間中を強い紫外線などが飛び交う。したがって安全装置の中でのみ使用ができる手法になっており、大型化に適していない。

これに対して、サーモクロミックインクの印刷とヒーターを用いた情報提示手法として Inkantatory paper [6] や Material Syncretism[7] が提案されているが、ヒーターパターンの制約による空間デザインの制限があり、多様な表現を実施するには不向きである。

2.2 大規模空間描画

屋外で太陽光下で大規模空間に対して描画を行う研究に関して述べる。水を使った描画方法としては、Water Calligraphy device を自転車に装着することで、一列に並んだホースで水を垂らしていくことで描画を行うもの[8]や、スプリンクラーを制御するものなどがある[9]。しかしこれは乾きによって絵が変化してしまう。またチョーク粉を使った同様の描画手法として Chalkbotchalkbot があり、道路への描画を行い広告として成立させたものであるが、粉を用いるため壁面などへの展開が難しい。一方、橋田らは太陽光の紫外線・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。これは塗料を塗布することで様々な壁面・床面に応用することができると考えられるが、時間の経過によって色が変化するため、安定的な表現を行うことが難しい。

3. 提案手法

本研究では、移動ロボットのエネルギー散布によるクロミックインクの変色スイッチングを利用した大規模発色型情報提示手法を提案する。移動ロボットは iRobot 社の Roomba をはじめ、一般家庭にも普及しつつある。本研究

ではこれを利用して、床面に一様に塗布されたクロミックインクを変色させることで大規模情報提示の実現を目的とする。本提案のメリットの一つとしては、大規模で書き換え可能な情報提示メディアである点である。また一般的なプロジェクターによる投影型 AR では常に光源の電力を必要とするが、本手法では書き換えが必要な際に必要な場所だけを書き換える電力のみで良い点も優れている。

3.1 使用するインクの選定

本提案手法において必要となるインクの仕様は、以下の通りである。

- クロミック特性を有していること（何度も書き換えられること）
- 双安定性を持つこと（外乱でスイッチングしないこと）

双安定性のあるクロミックインクとして、熱で変色するべんてる社の Frixion Ink や、紫外線で変色し可視光で復色する P 型フォトクロミック塗料などを検討した。P 型フォトクロミックの一つであるジアリルエテンは市販されているため入手性も高いが、紫外光で着色し、可視光で消色するため、室内での利用は可能であるものの、太陽光下での使用には不向きなものとなっている。そこで屋外でも使用が可能な手法として、65°C以上の熱で変色するフリクションインクを用いた手法に取り組んだ。

3.2 実装

本研究では、アクチュエーターとしてサーボモーターが16個取り付けられたモップ形状のロボットを使用した。本ロボットは、芝生の起ち姿勢をコントロールすることで芝生面上に文様を描画することを目的に開発されたものである[12]。車輪とエンコーダーが取り付けられており、エンコーダーのカウントに応じてサーボモーターの角度が変化することで、芝生の起毛をコントロールすることで、描画を行っている。本研究では、このロボットの先端にヒーターを取り付け65°Cに温度をキープすることで、大平面を書き換える手法に取り組んだ。ヒーターには、フレキシブルリボンヒーター（東京技術研究所）を用い、デジタルファインサーモ（DG2N、八光電機）を用いて温度を85°Cにコントロールした。また、描画対象としてはプロッター用印刷紙（visco、彩 dex）を用いた。これに対するインクの塗布は、フリクションインクを水に溶かしエアブラシを用いて行った。描画の手順を図1に、ロボットを図2に示す。

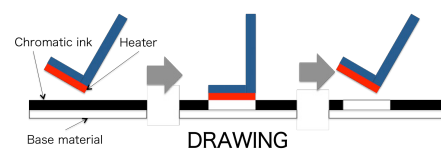


図1 描画手順

Fig. 1 Drawing step

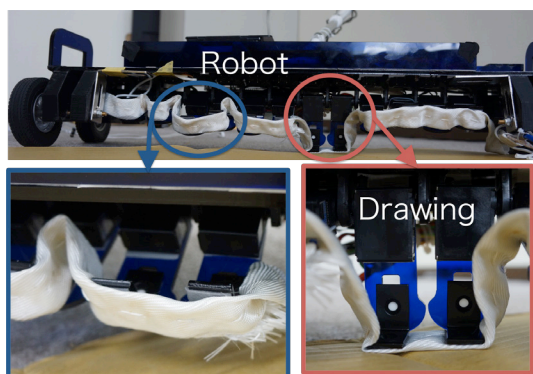


図 2 描画ロボット
Fig. 2 Robot with heater

3.3 屋外での視認性に関する評価

屋外での視認性を確認するため、晴天時に描画した対象を観察した。12月下旬の東京で12時に撮影した様子を図3に、16時に撮影した様子を図4に示す。これより、描画が視認できる程度に実現できており、環境光によって色彩が調和的に変化する様子が見える。



図 3 描画物の見え (Hi と描画)
Fig. 3 Display (Hi)

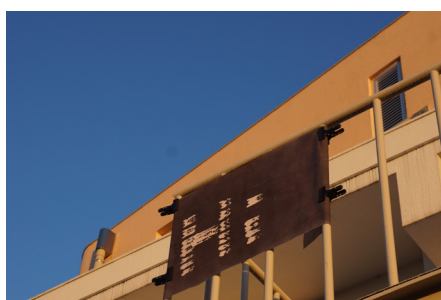


図 4 夕焼けに染まる様子
Fig. 4 Color-forming display in afterglow

3.4 考察

現状の課題として、ヒーターの接地の安定性の向上が挙げられる。現在の構造ではヒーターを押し付けた際に全体を均一に加熱できていない。今後は、均一に加熱するためにヒーターとロボットの爪の間にスポンジ等を挟むことによるヒーター接地の改善や、ソレノイドによるヒーターの上下起動機構の導入の検討を進める。

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のロボットの導入に関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。屋外で視認できる大規模な情報提示の実現を目指し、双安定性サーモクロミックインクを用いた描画に取り組んだ。車輪付きロボットに85°Cに保たれたヒーターを取り付け、その回転に応じてヒーターの接地点をコントロールすることで描画を行うことができた。ただし、ヒーターの接地の安定性に欠けており、今後は均一的な加熱などの改善を行う必要がある。また屋外の直射日光下で見えを確認し、十分な発色特性があることを確認した。

謝辞 本研究は科研費(16K16098)の助成を受けたものである。またロボットの開発においては、戸田光紀氏のサポートを受けた。

参考文献

- [1] Daniel Saakes, Kevin Chiu, Tyler Hutchison, Biyeun M. Buczyk, Naoya Koizumi, Masahiko Inami, and Ramesh Raskar: Slow display, In ACM SIGGRAPH 2010 Emerging Technologies (SIGGRAPH '10), Article 22, (2010).
- [2] Daniel Saakes, Masahiko Inami, Takeo Igarashi, Naoya Koizumi, and Ramesh Raskar: Shader printer, SIGGRAPH 2012 Emerging Technologies, Article 18(2012).
- [3] 小泉 直也, 橋本 悠希, 苗村 健: 紫外線制御を用いた漆器に対する文様描画手法, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 18, No. 1, pp.27-34(2016)
- [4] Tomoko Hashida, Yasuaki Kakehi and Takeshi Naemura: Photochromic sculpture: Volumetric color-forming pixels, SIGGRAPH 2011 Studio Talks, No. 11 (2011).
- [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] 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] 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)
- [8] Nicholas Hanna: Trike Writer, 入手先 <<http://www.trikewriter.com/>> (2016.12.20).
- [9] 永瀨 玲緒菜, 的場 やすし, 椎尾 一郎: Water-Jet Printer: 散水領域が設定可能なスプリンクラッシュシステム, WISS 2015(2015)
- [10] Nike, LIVESTRONG: chalkbot, 入手先 <<https://www.youtube.com/watch?v=fKkQM9I6X24>> (2016.12.20).
- [11] 橋田 朋子, 寛 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] 杉浦 裕太, 戸田 光紀, 菊地 高史, 星 貴之, 神山 洋一, 五十嵐 健夫, 稲見 昌彦: GraffitiGrass: 芝生をバブルックディスプレイにする手法, WISS 2016(2016).