

平成 30 年 6 月 7 日現在

機関番号：12612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K16098

研究課題名（和文）発色型情報提示手法の大規模空間への拡張に関する研究

研究課題名（英文）Large scale color-forming display

研究代表者

小泉 直也 (Koizumi, Naoya)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・助教

研究者番号：80742981

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：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。先行研究、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い、ロボットがエネルギーを運ぶ手法を用いることで、危険性を排除した手法を提案し、UV LEDアレイを用いた床面描画手法を設計・試作し、塗布面に描画可能であることを確認した。

研究成果の概要（英文）：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. Aiming at realizing large-scale color-forming display in the bright environment of the room, we projected ultraviolet rays by 365nm LED which is controlled according to the movement of the vacuum cleaner type robot. As a result, the color change sufficiently, and it is visible by reflecting ambient light.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：発色型情報提示 クロミックインク デジタルファブリケーション ロボット

1. 研究開始当初の背景

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を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。そこで申請者らは発色型情報提示を提案している。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。これは、外部にセンサ等をつけて擬似的に外観を変化させるものではなく、物体表面の状態を変化させるものである。

エネルギー投影型の手法でクロミックインクを大規模スペースには展開する場合、広い面積にエネルギーを投影するため、有害なエネルギーを人間に当ててしまう問題が生じうる。この対策のためには、エネルギー投影対象とエネルギー投影源が近接している必要がある。また大規模対象に使用するためには、エネルギーを移動させる必要がある。そこで、エネルギー散布型の発色型情報提示技術の構築に取り組む。

2. 研究の目的

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することで、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。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が、本研究では現実そのものを書き換える<現実拡張>というアプローチで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、移動ロボットによる符号化されたエネルギー散布による情報提示手法の提案・設計・実装を行う。本手法における適切なインク選定、最小ピクセルサイズの検討、階調表現の確立を行い、応用メディアの検討する。

3. 研究の方法

本研究では、移動ロボットのエネルギー散布符号化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を実現する。

本提案のメリットとしては、大規模な情報提示メディアでかつ低消費電力である点であ

る。一般的なプロジェクタによる投影型 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のみで良い点が優れている。

本研究では、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、移動ロボットによる符号化されたエネルギー散布による情報提示手法を提案・設計・実装を行う。具体的には下記の点を実施しながら、応用メディアへの展開を検討する。

- i) インクの選定とエネルギー散布方法の検討
- ii) 符号化エネルギー散布のためのロボット制御ソフトウェアの設計開発

4. 研究成果

- (1) サーモクロミックインクによる屋外で視認可能な発色型情報提示のロボットによる描画

本提案手法において必要となるインクの様子は、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、熱で変色するペンてる社の 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エ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℃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。

実装としては、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。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、先端部分を床や壁面に設置することができる。本研究では、このロボットの先端にヒーターを取り付け、先端を 65℃にキープすることで、大平面を書き換える手法の実現に取り組んだ。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℃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。ロボットを図 1 に、描画の手順を図 2 に示す。

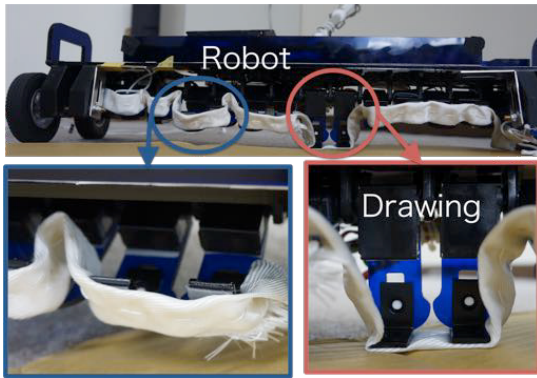


図1 描画ロボット

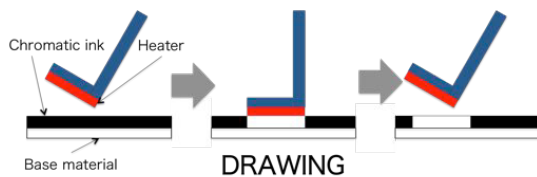


図2 描画手順

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左に、16時に撮影した様子を図3右に示す。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分かる。



図3 描画物の見え (左：日中/右：夕方)

(2) 掃除機型ロボットを用いた発色型情報提示の床面での応用

上記(1)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。

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す、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4示す。この Create 2 に 365nm の紫外線を照射する LED (N S365L-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、10mm 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6に、LED アレイの様子を図7に示す。

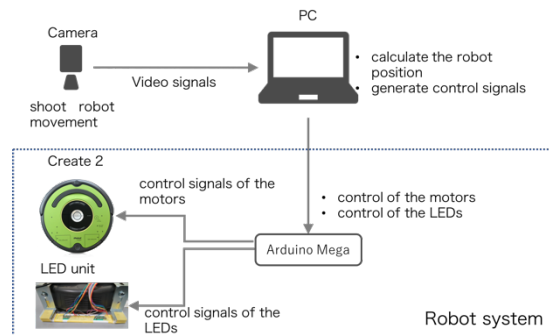


図4 ロボット描画システム概要

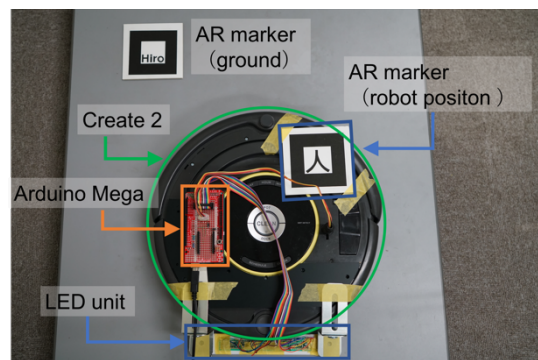


図5 施策した描画ロボット描画

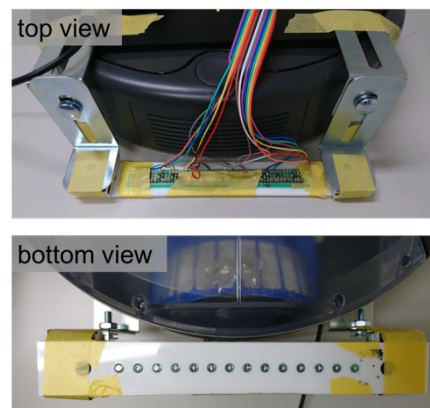


図6 エネルギー散布用 LED ユニットの様子

Create 2 の位置を取得するために、AR マーカーを 2 つ用いた。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。

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 ユニットの制御信号を送信し、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。

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 7 に、システムによって UEC と記載した際の様子を示す。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。

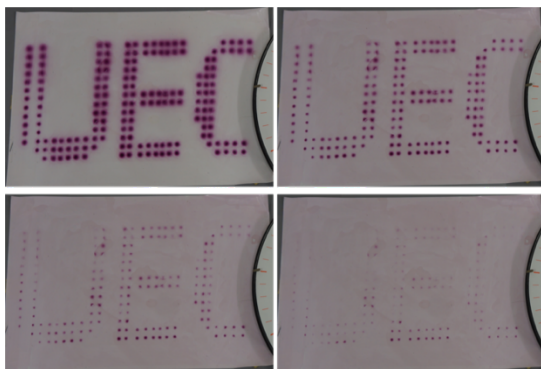


図 7 描画サンプル (左上：描画直後，右上：描画 1 時間後，左下：描画 2 時間後，右下：描画 3 時間後)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 2 件)

- ① 小泉 直也, 藤森 秀. 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. 情報処理学会インタラクシオン 2018, インタラクシオン 2018 論文集, pp.716 - 719, 2018.03.06
- 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, pp.358 - 360, 2017.3.2

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小泉 直也 (KOIZUMI NAOYA)

電気通信大学・情報理工学研究科・助教

研究者番号：87042981