

# Lighty: ペインティングインタフェースを用いた ロボティック照明の制御

橋本直<sup>†1</sup> 盧承鐸<sup>†2</sup> 山中太記<sup>†1,3</sup> 神山洋一<sup>†1</sup>  
稲見昌彦<sup>†1,4</sup> 五十嵐健夫<sup>†1,3</sup>

本論文では、明るさと方向を制御可能なロボティック照明群とペインティングインタフェースから構成される照明システム「Lighty」を提案する。ユーザは部屋の天井に設置されたカメラのリアルタイム映像が映し出されたタブレット上でペインティングを行うことによって、部屋の中の輝度分布を自在にデザインできる。入力された目標輝度分布はカメラ画像上に等高線で可視化される。システムはユーザによって指定された輝度分布を満足させるような照明のパラメータの組み合わせを最適化によって求め、その結果を直ちに照明に反映させる。GPUを用いた並列処理によって最適化計算が高速に行われ、ユーザは塗りながらインタラクティブにライティングの結果を確認できる。開発したミニチュアスケールの実験環境についてデモを行う。

## Lighty: Painting Interface for Controlling Robotic Room Lights

SUNAO HASHIMOTO<sup>†1</sup> SEUNG-TAK NOH<sup>†2</sup> DAIKI YAMANAKA<sup>†1,3</sup>  
YOUICHI KAMIYAMA<sup>†1</sup> MASAHIKO INAMI<sup>†1,4</sup> TAKEO IGARASHI<sup>†1,3</sup>

We propose a painting interface that enables users to design an illumination distribution for a real room using an array of computer-controlled lights. Users specify an illumination distribution of the room by painting on the image obtained by a camera mounted in the room. The painting result is overlaid on the camera image as contour lines of the target illumination intensity. The system runs an optimization interactively to calculate light parameters to deliver the requested illumination condition. In this implementation, we used actuated lights that can change the lighting direction to generate the requested illumination condition more accurately and efficiently than static lights. We built a miniature-scale experimental environment and we show its demonstration.

### 1. はじめに

現在の照明操作のためのユーザインタフェースには、シンプルなスイッチやフェーダが広く用いられている。しかし、そのようなインタフェースでは照明の数が増大した場合に操作が難しくなる。また、照明の位置や方向が制御可能になればライティングデザインの自由度は増大するが、操作はより複雑になってしまう。そこで本研究では、室内の輝度分布をペインティングによって自在にデザインできる「Lighty」というシステムを提案する。Lightyは明るさと方向を制御可能なロボティック照明群とタブレットデバイスを用いたペインティングインタフェースから構成される。本システムのユーザは、部屋の中のどこを明るくしてどこを暗くするかという輝度分布を、部屋の天井に設置されたカメラの映像上でのペイント操作によって指定することができる。システムはGPUを用いた高速な最適化計算によって目標輝度分布を満たすような照明のパラメータを求め、直ちに照明を駆動する。我々の手法は、コンピュータグラフィックス(CG)の分野で研究されているゴールベ

スのライティング最適化のアプローチに着想を得ており、それらを現実の居住空間に対して適用するものである。我々は提案手法の検証のためにミニチュアスケールの実験環境を構築した。本稿では、システムの概要について述べ、開発した実験環境について説明する。

### 2. システムの構成

提案システムの構成を図1に示す。ロボティック照明は、明るさと方向をコンピュータから制御することができる。天井カメラは、部屋全体のシーン画像を撮影する。撮影された画像はライティングシミュレーションに用いられる。ユーザは液晶タブレットに表示されたペインティングインタフェースをスタイラスで操作して照明の制御を行う。

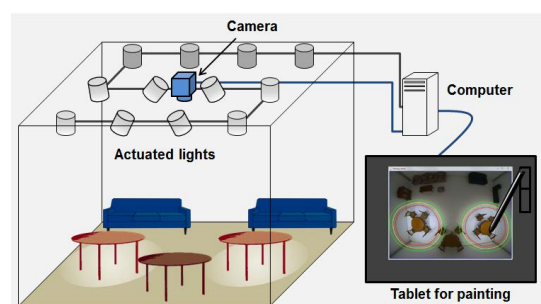


図1 システムの構成

Figure 1 Overview of the system.

<sup>†1</sup> JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト  
JST ERATO Igarashi Design Interface Project

<sup>†2</sup> 韓国科学技術院  
Korea Advanced Institute of Science and Technology

<sup>†3</sup> 東京大学  
The University of Tokyo

<sup>†4</sup> 慶應義塾大学  
Keio University

コンピュータ上で動作するソフトウェアは、ペインティングインタフェース、最適化モジュール、照明制御モジュールから構成される。ペインティングインタフェースにおいてユーザが室内の目標輝度分布の入力を行うと、最適化モジュールがその目標輝度分布を満たすような照明パラメータを計算し、最後に、照明制御モジュールによってその計算結果が照明に反映される。

### 3. ユーザインタフェース

ユーザインタフェースの外観を図2に示す。画面左が天井カメラからのライブビュー、画面右がパレット、ブラシ、スポイト、クリア、Undo、Redoなどを備えたツールパネルである。従来手法[1,2,3]では、目標画像のペイント編集を行うキャンバスと、ライティングを行った結果を確認する画面は分かれていたが、我々のインタフェースでは、2画面のビューを1画面に統合し、ペイント操作で入力された目標輝度分布を等高線で可視化する仕様にした。ペイント操作中は最適化と照明パラメータの更新が自動的に実行されるため、まるで光と闇のブラシで空間を塗っているような感覚で操作を行うことができる。ユーザが画面からスタイラスを浮かせている間もこの処理は行われるため、スタイラスを画面に接触した際にどのような塗りになるのかを事前に知ることができる。

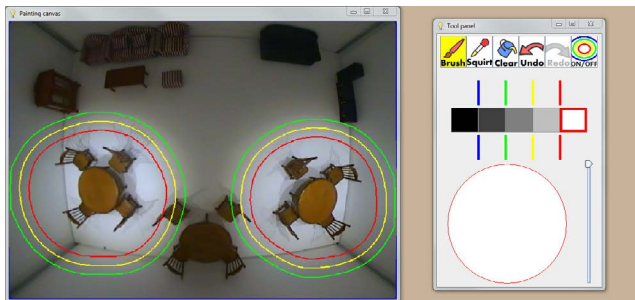


図2 ユーザインタフェース

Figure 2 User interface.

### 4. ミニチュアスケールの実験環境

1/12のミニチュアスケールの実験環境を構築した(図3)。装置のサイズは $800 \times 600 \times 460 \text{ mm}^3$ で、現実における $9.6 \times 7.2 \times 5.5 \text{ m}^3$ の広さの部屋に相当する。床にはテーブル、椅子、ソファ、棚などのミニチュア家具が並べられており、天井には200mm間隔で12個のロボティック照明(図4)が取り付けられている。また、天井の中央には広角レンズを装着したカメラを設置した。部屋は6枚の白いパネルで囲まれており、外光を遮断しているため、消灯時には完全暗室になる。各々の照明は発光ダイオード(LED)と2個のサーボモータ、マイクロコントローラから構成される。サーボモータとジンバル状の機構によって、2軸の回転を行うことができる。照明の方向制御の分解能は各軸5段階、

明るさ制御の分解能は9段階とした。すなわち、1ユニットあたり $5 \times 5 \times 9 = 225$ 通りのパラメータの組み合わせを持つ。ライティングのシミュレーションに用いる画像群の取得にかかる時間はおよそ15分となった。最適化の計算にかかる時間は目標輝度分布によって異なるが、およそ24~63msの範囲に収まった。



図3 ミニチュアスケールの実験環境

Figure 3 Miniature-scale experimental environment.

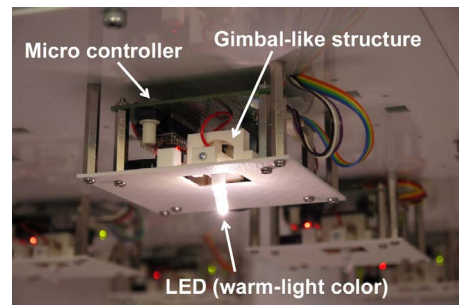


図4 ロボティック照明のプロトタイプ

Figure 4 Prototype of the robotic light.

### 5. まとめと今後の展望

本稿では、室内のライティングを自在に制御するためのロボティック照明とそれを操るためのペインティングインタフェースを提案し、ミニチュアスケールの環境において実験を行った。今後は実スケールの環境下で実験を行う予定である。

### 参考文献

- 1) F. Anrys and P. Dutré: Image-based lighting design. In the 4th IASTED International Conference on Visualization, Imaging, and Image Processing, (2004).
- 2) W. B. Kerr and F. Pellacini: Toward evaluating lighting design interface paradigms for novice users. ACM Trans. Graph., 28(3):26:1-26:9 (2009).
- 3) A. Mohan, R. Bailey, J. Waite, J. Tumblin, C. Grimm, and B. Bodenheimer: Tabletop computed lighting for practical digital photography. Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, 13(4):652-662 (2007).