

Spot Shadow: 影の操作を可能にするシステムの提案

阪口 紗季^{1,a)}

概要: 照明環境のデザインは、室内の仕様を定める上で重要である。これまでに、照明の向きや光量をコンピュータで制御することにより、室内の室内の指定された場所を明るく照らすことができるシステムが提案されてきたが、このような「光」を制御する方法では、明るく照らす領域の大きさや位置を指定することは容易であっても、暗くする領域を同じくらいの自由度で指定することは困難である。そこで本研究では「影」を制御することに着目し、暗い領域を制御できる手法を提案する。本稿では、ユーザが指定した位置に任意の大きさで影を生成できるシステム“Spot Shadow”の構築について報告する。

1. はじめに

照明環境のデザインは、室内の仕様を定める上で重要である。建築学分野では、空間デザインの要素として照明の設計が検討されており、照明環境が人間のタスク遂行における満足度に影響することや [1]、会話行動に影響することが報告されていることから [2]、照明環境の違いが、室内における人間の振る舞いを変えることが示唆されている。一般的に照明環境は固定的に定められるものであり、照明環境に依存する室内の見た目や仕様も固定される。一方で、コンピュータで制御可能な照明環境を実現できれば人々の要望や状況に応じて空間を最適化できる可能性がある。

これまでに、照明の向きや光量を調整することにより、室内の指定された場所を明るく照らすことができるシステムが提案されている [3][4]。しかし、このような「光」を制御する方法では、明るく照らす領域の大きさや位置を指定することは容易であっても、暗くする領域を同じくらいの自由度で指定することは困難である。そこで本研究では「影」を制御することに着目し、暗い領域を自由な位置や大きさで作れる仕組みを検討する。この仕組みを可能にすることで、室内に明暗で区切られた擬似的な個室や通路を作ることができる。また、任意の場所や物体に影を重畳することによって、それらを目立たなくするという減算方向への存在感の制御も可能である。このように影を制御することによって、本研究では柔軟な室内の仕様変更を可能にする手法を実現することを目的とする。本稿では、ユーザが指定した位置に任意の大きさで影を生成できるシステム“Spot Shadow”の構築について報告する。

2. 関連研究

2.1 明暗領域による影響

照明環境の中で明るい領域と暗い領域を設けることによる影響を調査した研究では、人が座席を選択する際に明るく照らされた場所を向いた暗い席を選ぶことが観察されたことや [5]、照明の不均一さは領域を意識させ、他者に対する認識や他者との関係に影響を与えることが確認されていることから [6]、明暗によって分けられる領域は空間をデザインする要素となり得る。また、その領域は空間の仕様に応じて精密に指定できることが望ましい。そこで本研究では、光源の制御ではなく、影の制御を用いることによって、暗い領域を制御できるシステムを検討する。

2.2 照明を制御するシステム

照明環境を様々に制御することができるロボティック照明や、それらを制御できるインターフェースが開発されている。室巻らは天井にマトリクス状に配置した照明の点灯や向きを個別制御可能にすることで、指定した位置を明るく照らすことができるロボティック照明を提案している [3]。Nohらはロボティック照明をペインティングインターフェースで制御可能にし、室内の輝度分布を直感的に設定できるシステムを提案している [4]。尹らはライトの色を制御することによって共有スペースにおける個人作業空間への専有感を感じさせる手法を提案している [7]。これらの研究では照明の光を制御する手法が提案されているのに対し、本研究では影の制御によって空間の仕様変更を可能とするシステムの実現を目指す。

¹ 東京都立大学システムデザイン学部

^{a)} s_saka@tmu.ac.jp

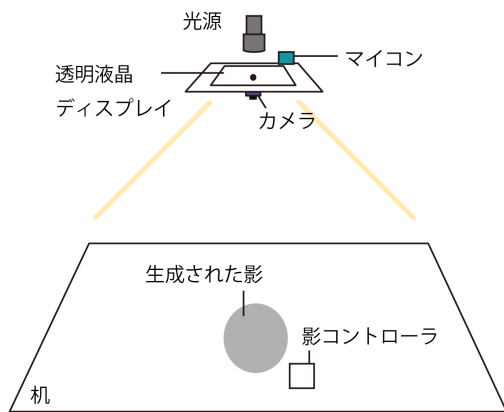


図 1 システム構成

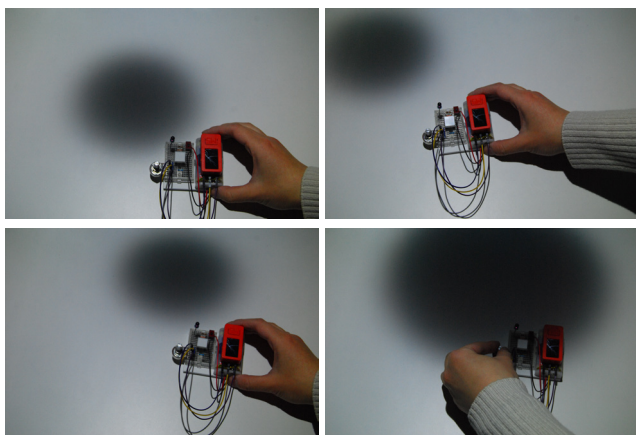


図 2 生成された影とのインタラクション

2.3 光の遮蔽を利用したシステム

光の遮蔽をコンピュータで制御することによって、動的に変化する影を作り出すシステムが提案されている。鈴木らは、電圧をかけると透明に、解放すると不透明になるウムフィルムを利用して、太陽光の透過具合を動的に制御することによって室内に木漏れ日のような光を作るシステムを提案している [8]。Rekimoto により提案された “Squama” では、電圧の印加によって透明・不透明を切り替えられる調光液晶シートをマトリクス状に配置し、それらをプログラム制御することによってシートの向こう側の景色を部分的に見せたり隠したりすることを可能にしている [9]。この手法を窓ガラスに適用し、特定の位置に直射日光が当たらないように太陽の位置に応じて自動的に影を作り出すアプリケーションも実現されている。本研究ではこれらの関連研究を参考にしながら、室内照明を利用し、ユーザから操作可能な影の生成手法について検討する。

3. 提案システム

本研究では、影の操作を可能とするシステム “Spot Shadow” を提案する。プロトタイプとして机上の任意の位置に影を生成し、影の大きさを調整可能とするシステムを実装した。影の位置や大きさを制御可能とするために

は、遮蔽物の位置や大きさを操作可能にする必要がある。本研究では、光源からの光を透明液晶ディスプレイ内に提示する画像によって遮蔽し、画像の位置と大きさを変化させることで影を制御する手法を採用した。

3.1 システム構成

提案システムは、光源、透明液晶ディスプレイ、カメラ、マイコン、影を制御するデバイス（以下、影コントローラと記す）で構成される（図 1）。光源には高輝度かつ照射角が広い点光源として GENTOS 製 RX-186RS、透明液晶ディスプレイには Element14 製 Raspberry Pi 7” Touchscreen Display を一部加工したものを使用し、それらを組み合わせることで影を投影する装置を制作した。影の投影方法としては、プロジェクタでも代用可能であるが、照射角の広さ、機材の設置のしやすさ、一般的な照明器具への応用可能性があることから、点光源と透明液晶ディスプレイを組み合わせる手法を採用した。カメラには ELECOM 製 UCAM-C620FBBK を一部加工したものを使用し、影コントローラの位置を検出するために用いた。マイコンには Raspberry Pi 4 を使用した。提案システムでは、透明液晶ディスプレイ上の画像のうち白色の領域で光を透過し、黒色の領域で遮蔽することによって、机上に黒色の領域の形をした影が投影される。マイコン (Raspberry Pi 4) では、影コントローラの位置と、コントローラ上で行われた操作の検出結果を透明液晶ディスプレイ上の画像に反映する。影コントローラとして、机上でユーザが手で動かしながら使用できるものを制作した。影コントローラの位置に合わせて影が生成され、コントローラ上で行われた操作に応じて影が変化できるようになっている。影コントローラにはマイコン (M5StickC)、赤外線 LED (ピーク波長: 940nm)、可変抵抗器を搭載した。コントローラの赤外線 LED の光をカメラ映像から検出することにより位置を推定する。カメラのレンズには可視光をカットし赤外線を通すフィルタ (FUJIFILM 製 IR 80 フィルタ) を取り付けることで、可視光が当たっている環境下でも赤外線 LED の光を検出できるようにしている。可変抵抗器の抵抗値はマイコン (M5StickC) で読み取り、マイコン (Raspberry Pi 4) に BluetoothSerial で送信することによって、影の大きさに反映させる。

3.2 機能とインタラクション

提案システムでは、影コントローラの位置に応じて影が生成されるため、ユーザは任意の位置に影コントローラを配置することで影の生成位置を指定することができる。また、影コントローラを移動させることによって影を追従させることもできる（図 2 上段）。影コントローラの変抵抗器のつまみを調整することで、影の大きさを変化させることができ、環境に合わせて好みの大きさの影を生成するこ

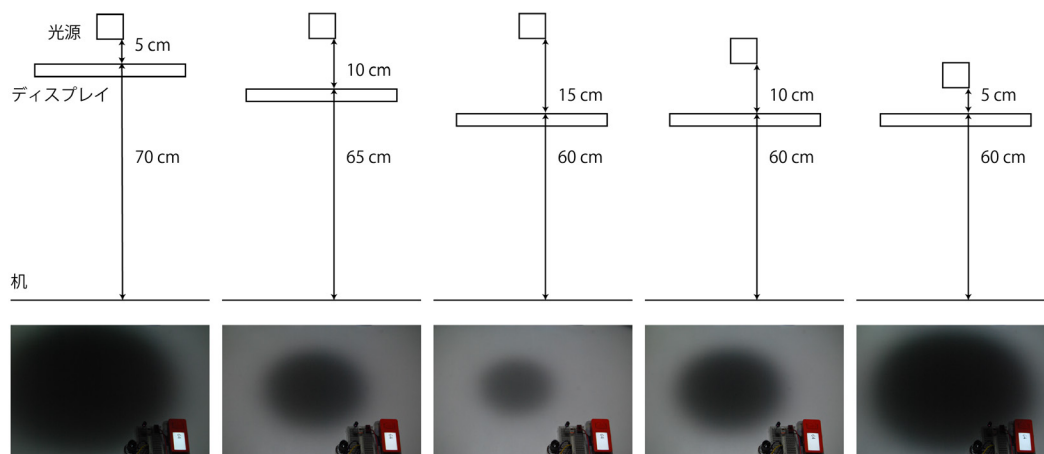


図 3 光源・ディスプレイの位置と影

とができる (図 2 下段)。

3.3 装置の位置と影

提案システムのうち、光源と透明液晶ディスプレイの位置は、影の大きさ、濃さ、ぼやけ方等に影響する。本稿では、影が広い面積にはっきりと投影される条件を調べるため、光源とディスプレイの位置を段階的に変えながら、机面上に生成される影を観察した。光源の位置を机面から 75 cm の高さにした状態で、ディスプレイの位置を机面から 70 cm、65 cm、60 cm の高さにしたとき、ディスプレイの位置を机面から 60 cm の高さにした状態で光源の位置を机面から 70 cm、65 cm の高さにしたときの計 5 条件で撮影を行った。光源の明るさは 800 lm に設定し、計測は暗室内で行った。また、影の大きさを調整する可変抵抗器の値は常に同じ値とした。図 3 に各条件において撮影された影を示す。光源とディスプレイの間の距離が短くなるほど影は大きく映し出された。また、光源とディスプレイ間の距離は同じでも、机面からの距離が短くなるほど、影以外の領域が明るくなり、影の部分との明るさの差が出やすいたことが見てとれた。これは、光源と机の距離が短くなった影響で机面の照度が上がるためであると考えられる。すなわち、光源の位置を低くして机面の照度を上げ、ディスプレイを光源に近づけることで影を大きく映すようにすれば、影を広い面積にはっきりと投影できることが確認された。

4. おわりに

本研究では、影の位置と大きさを任意に操作できるシステム “Spot Shadow” を提案した。今後は影の形状や濃さなど、操作可能な項目を増やし、より自由度の高い影の生成システムを検討する。また、今回実装したプロトタイプでは机上のみへの適応であったが、今後は室内全体で使用できるシステムに改良し、空間デザインの一手法として応用できるものを目指す。

謝辞 本研究は JSPS 科研費若手研究 21K18003 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 坂上美香, 明石行生, 梅野千絵, 八木昭宏: 作業者の集中度と照明環境との関係について, 照明学会誌, Vol. 81, No. 5, pp. 385-390 (1997).
- [2] 小林 茂雄: 室内不均一照明下でとられる会話行動の属性別特徴: カフェを想定した室内での会話者の行動と意識に関する検討, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 68, No. 574, pp. 15-20 (2003).
- [3] 室巻孝郎, 南裕樹, 徳永泰伸: ロボティック照明システムの分散型照射角度制御, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol. 137, No. 1, pp. 120-126 (2017).
- [4] Noh, S., Hashimoto, S., Yamanaka, D., Kamiyama, Y., Inami, M. and Igarashi, T.: *Design and enhancement of painting interface for room lights*, The Visual Computer, Vol. 30, issue 5, pp. 467-478 (2014).
- [5] Flynn, J. E., Spencer, T. J., Martyniuk, O. and Hendrick, C.: *Interim Study of Procedures for Investigating the Effect of Light on Impression and Behavior*, Journal of the Illuminating Engineering Society, Vol. 3, No. 1, pp. 87-94 (1973).
- [6] 小林茂雄, 小原和輝, 中村芳樹: オフィス室内における座席間照度の不均一さの個人作業への適性, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 66, No. 539, pp. 1-6 (2001).
- [7] 尹泰明, 富永詩音, 立花巧樹, 鈴木颯馬, 秋山和隆, 宮田章裕: 共有スペースにおいて空間専有感を生むライティング方式の検証, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム 2020 論文集, Vol. 2020, pp. 1029-1032 (2020).
- [8] 鈴木康広, 檜山敦, 廣瀬通孝: 木漏れ日のディスプレイ (「アート&エンタテインメント」特集), 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 397-400 (2007).
- [9] Rekimoto, J.: *Squama: Modular Visibility Control of Walls and Windows for Programmable Physical Architectures*, Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces, pp. 168-171 (2012).