

超広角プロジェクタの天井照明としての利用の検討

山根大輝^{†1,a)} 山本亮太^{†1} 坂主真純^{†2} 田中桂太^{†2} 佐藤俊樹^{†3}

概要：カメラと連動させたプロジェクタを天井照明として用いることにより，日常空間を明るく照らす従来の照明としての機能だけでなく，画像処理によって部屋の状況に応じたプロジェクションマッピングを可能にする新しい照明装置が実現できる．本研究では，1台のプロジェクタ照明で部屋全体を自由に照らすことが可能な超広角レンズやカメラを搭載した超広角プロジェクタを用いるが，プロジェクタ光のみではシーリングライトとしては不十分である．そこで，これにLED照明を内蔵させた超広角プロジェクタ照明を提案する．そして，本提案のプロジェクタ照明を実装する際のデザインの指針について議論し，そのアプリケーション案を提案する．

1. 始めに

近年，プロジェクタを照明として用いる試みがなされてきている[1][2]．この技術により，ただ日常空間の様々な場所に映像投影が可能になるだけでなく，カメラと連動させ日常空間に映像や文字でアノテーションを出したり，影を投影して立体感を出したりといったAR（拡張現実感）やプロジェクションマッピング技術を取り入れた新しい照明装置が実現できる．しかし，現在のプロジェクタには「プロジェクタは既存の照明機器に比べて光を投影可能な範囲（画角）が狭い」という問題がある．一般的な照明機器（シーリングライト）は部屋の天井に1台設置すれば，その部屋全てをカバーすることが可能である．しかし，プロジェクタでこれを行うためには，複数台のプロジェクタを様々な角度で設置し，事前に複雑なキャリブレーション（位置・角度合わせ）作業を行う必要がある．さらに，これらにインタラクティブ性を持たせようとする，カメラ等のセンサデバイスの設置も必要である．また，その際センサデバイス自体が投影の邪魔になる可能性も十分に考えられる．

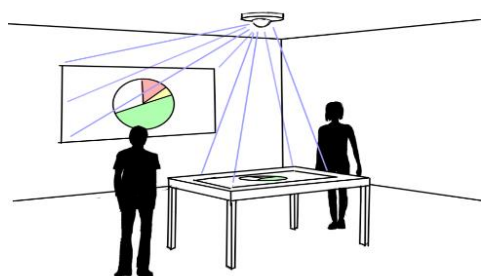


図1.理想の全周囲プロジェクタ照明

これらの問題の解決策としてプロジェクタとカメラ用の超広角レンズを組み合わせた画角180度以上の照明用超広角プロジェクタを用いることが考えられる[3]．これによ

り，照明デバイスを部屋に1台設置すれば，その部屋の床・壁・天井すべてへの投影が可能になる（図1）．さらに，カメラ等の光学センサをレンズの中に内蔵するために，プロジェクタとレンズ間にビームスプリッタを設置し，両者の光軸を一致させる（図2）．これにより，プロジェクタ・カメラ間の複雑なキャリブレーションが不要となり，またプロジェクタとカメラを1つのユニットにまとめることが可能になる．さらに，カメラ自体が投影を遮ってしまう問題や設置に手間がかかってしまう問題も解決できる．

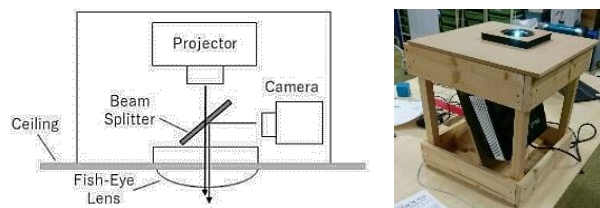


図2.超広角同軸プロジェクタ・カメラの仕組みと試作品

しかし，以上のような機構を用いた照明デバイスでは，従来のプロジェクタ照明に見られた前述の問題の解決が出来るが，次に示す2つの新しい課題について考慮する必要がある．一つは，プロジェクタ光は通常のシーリングライトの拡散光ではなく直射光であるため，遮蔽物によってできる影が目立ってしまうということである．もう一つは，一般的に10畳の部屋を照らすためには約4000lm，ホールや講堂などの広い部屋には10000lm以上の輝度が必要になると言われているが，プロジェクタだけで同等の輝度を実現しようするとコストがかかってしまうということである．

2. 提案

以上の問題点を解決するために，本研究では図2で示したような機構に加えて複数のLED照明を設置した新しい照明デバイスを提案する（図3）．

^{†1} 電気通信大学
^{†2} 武蔵野美術大学
^{†3} 東京工業大学
a) iml@imedia-lab.net

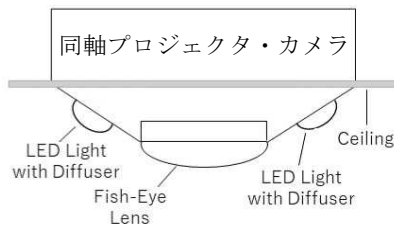


図3.本提案のハードウェア構成

全周囲プロジェクタと LED 照明を組み合わせることにより、プロジェクタ単体では影が出来てしまう部分も LED 照明の拡散光でカバーすることが可能になる。また、安価な LED 照明で輝度を補うことにより、コストを抑えることができる。

3. デザインの指針

本提案のプロジェクタ照明では、実用性を考慮して以下に示すような要件を満たすことが必要である。

まず、LED 照明の光が強いとプロジェクタによる投影が見えにくくなってしまうことが考えられる。そのため、LED 照明とプロジェクタがうまく連動するように互いの光量のバランスを動的に切り替える必要がある。そこで、画像処理によって部屋の状況を把握し、自動で適切に調光されるような設計を試みる。加えて、本提案デバイスの機能としてユーザの利用目的に応じたいくつかのモードを設定し、利用に応じてユーザに不快感を与えないように自然に切り替える。本研究では、これらの切り替えアルゴリズムについても、利用シーンに合わせて様々検討する。

また、プロジェクタ照明は輝度が高く非常に眩しいため、光を投影する際に人の顔などの光を照射すべきではないエリアを避けて投影する機能が必要不可欠である。具体的な解決策としては、画像認識により照射すべきでない位置を特定し、その部分に黒を投影する、すなわち投影を切り抜く手法が挙げられる。これを行うことで、照明に人が近づいても眩しく感じることはなくなると考えられる。

さらに、モードを切り替える際のトリガーとして、画像認識を用いたりリモコンレスな入力手法も検討する。例えば、照明をつけたままユーザが眠ったと認識すれば照明をオフにするといった自動的な入力や、腕を高く上げるなどのジェスチャを認識するとプロジェクタモードに切り替えるといった手動的な入力が挙げられる。

4. アプリケーション案

本提案を我々の生活の中で実装させるとき、様々な用途に応じていくつかの利用シーンが考えられる。今回は、LED 照明による通常の照明としての機能や、会議や授業などで用いられるような PC の画面を投影する機能に加えて、いくつかの利用シーンを提案する。一つは、プロジェクションマッピングによって部屋のデザインや雰囲気などを変えたり、時刻などの視覚的な情報を部分的に映したりするモ

ードである。このモードでは、プロジェクタ光によって部屋の明るさを一定にするために LED 照明の強さを調整する。他にも、設定した予定の時刻が迫ると徐々にユーザに気付かせるように投影を変化させるモードも考えられる[4]。徐々に変化させるのは、瞬間的に部屋の雰囲気を変えてユーザの作業の邪魔にならないようにするためである。

本提案では、これらの利用シーンに加え、生活に役立つ機能やエンタテインメント性に優れた機能を照明に持たせることが出来る。例えば、ユーザの探し物の場所をスポットライトや矢印画像等を投影して知らせる機能が考えられる。この機能では、照明に内蔵されたカメラが画像処理を行い、探し物を発見する。またこの照明には、ユーザが持つペン型入力デバイスのペン先をカメラで追跡し、実世界に文字や絵等を重畳して描ける機能が実装されている。これは、入力デバイスから照射される赤外光をカメラが画像処理することによって実現される。本提案では、全周囲の投影・画像処理ができるので、部屋のどの面に対しても描画ができる。また、以上で述べたようなインタラクティブな機能を用いて、部屋のすべての面をステージとするようなゲームも考えられる。

5. まとめと展望

本研究では、LED 照明付き超広角プロジェクタ・カメラを用いた新しい照明の提案を行った。LED 照明とプロジェクタの光量の調整が自動で行えるようになれば、従来の照明よりも幅の広い照明として利用されることが期待できる。

今後は、本提案デバイスのデザイン及び利便性を最大化する LED 照明の設置方法について検討し、プロトタイプを開発する。また、各モードにおける理想的な LED 照明の光量とプロジェクタ光の比率を実験などを通して決定し、加えてモードを遷移する際の制御方法も検討していく。また、プライバシーの保護に関しても意識した開発を行っていく。

参考文献

- [1] Oliver Wang, Martin Fuchs, Christian Fuchs, James Davis, Hans-Peter Seidel: A context-Aware Light Source, 2010 IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP), 2010
- [2] 天野俊之, 長村一樹, 藤澤誠, 宮崎純, 加藤博一: プロジェクタカメラ系による照明制御を用いた物体認識, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2011), Pages 1072-1079, 2011
- [3] Kosuke Maeda, Toshiki Sato, Mitski Plekenbrock, Hideki Koike: A Tabletop System Using an Omnidirectional Projector-Camera: Proceedings of the 2018 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces, Pages 311-314, 2018
- [4] Heiko Müller, Martin Pielot, Wilko Heuten, Anastasia Kazakova, Susanne Boll: Unobtrusively reminding users of upcoming tasks with ambient light: ambient timer, NordiCHI '12 Proceedings of the 7th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Making Sense Through Design, Pages 801-802, 2012