

同一空間における多重な光環境を実現する照明システムの研究

太田幸一^{†1} 伴祐樹^{†1} 福井類^{†1} 割澤伸一^{†1}

概要：本研究では作業者の生産性及び健康を向上させる室内環境を実現するために、同一空間で複数の人へ同時に異なる照明環境を提示する多重な光環境を実現するシステムを提案する。作業者は視覚刺激から個人ごとに異なる影響を受けるため、作業環境の改善には個人ごとに異なる照明環境の提示が必要となる。しかし、現在考えられる照明装置では同一空間で複数の人に異なる照明環境を同時に提示することはできない。そこで我々は光源とシャッターを組み合わせたシステムを提案し、そのような照明環境を実現する。提案システムを実装して実験を行い、提案システムによって照明の見え方、提示する照度を制御できることを確かめた。

1. はじめに

照明などの屋内環境の改善は健康や経済など多くの観点から注目されており、近年屋内環境を改善してオフィス空間の生産性や健康を向上させる研究が盛んに行われている[1]。先行研究により、生産性や健康に影響を与える集中度や疲労などが視覚刺激の影響を受けることが示されており、特に私たちが意識的に扱う中心視覚の刺激だけでなく、無意識的に処理する周辺視覚の刺激もこれらの要素に影響を及ぼす[2]ことから、作業者の周辺視野を含めた視覚刺激を制御しオフィス空間の生産性を向上させるために、作業者を取り巻く照明環境を制御する研究が数多く行われている[2-6]。

一方で、人間が視覚刺激から受ける影響は個人ごとに異なることが指摘されており[7]、生産性を向上させるためには個人ごとに異なる照明環境を提示する必要があるといえる。しかし、複数の作業者が存在するオフィス空間では、各作業者の照明環境が空間的に重なり合っている。よって個人ごとに異なる照明環境を提示するためには、空間的に重なり合う照明環境を個人ごと独立に制御し、同一空間内で多重な照明環境を実現する必要があるが、スポットライトやパーティション、サングラスなど通常の方法では、多重な照明環境を実現するには不十分である。複数の作業者が存在するオフィス空間においてより適切な照明環境を実現する方法としては、知的照明と呼ばれるシステムが研究されている。知的照明システムは、コンピュータによって多数の照明を包括的に制御するもので、天井に配置された照明群を制御しオフィス空間内で複数の特定の領域に意図された照度を提示する[3-6]。これらのシステムでは、オフィス空間内の作業者の密度が高ければ高いほど、実際に提示される照度分布は各作業者の要求から離れていく。そこで本研究では、作業者それぞれの生産性・健康の向上に適した照明環境を実現するため、同一空間にいながら個

人ごとに異なる照明環境を同時に体感できるような多重な照明環境（図1）を提示するシステムを提案する。



図1 本研究で実現する多重な光環境の概要

2. アクティブシャッター方式による時分割

人の視覚は高速で点滅する光源をその点滅の平均の明るさで連続して点灯するものとして知覚する性質を持ち、そうした知覚を引き起こす点滅の頻度（臨界融合周波数:CFF）は60Hz以上とされている[8]。本研究ではこの性質を利用して、点滅する光源とシャッターを組み合わせた次のようなシステムを提案する。

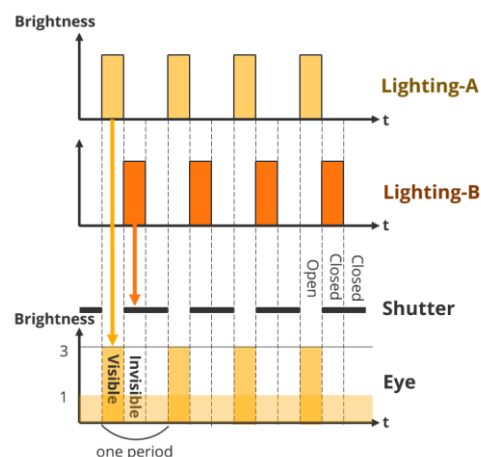


図2 提案システムの概要

^{†1} 東京大学 新領域創成科学研究科

高速で周期的に開閉するシャッターを通して見るとき、前述の性質から人はシャッターが開いているときの状態のみを連続して知覚する。図2では、シャッターが開いているとき照明Aは必ず光っているため、照明Aは点灯して見える。一方でシャッターが開いているとき照明Bは必ず消えているため、実際には点滅しているにもかかわらず照明Bは消灯して見える。このようにしてシャッターの開閉と照明の点滅のタイミングを同期的に制御したうえで、それぞれの人が異なるタイミングで開くシャッターを通して見ることによって、それぞれ異なる照明環境を同時に提示することができる。

本システムでは、提示したい照明環境をそれぞれ実現できるような光源を用意すれば、それらの照明環境を周期的に高速で切り替えていくことで、複数の作業者が他の作業者の照明環境に影響を与えずに目的の照明環境を体感できる。

3. 同期制御の実証実験

提案手法を実装し、照明環境を多重化する効果を確かめるため実証実験を行った。実験では照明としてLEDを、シャッターとして液晶シャッターを用いた。

実装したシステムを実際に動作させたところ、シャッター越しに見たとき、点灯して見えるタイミングで点滅させた照明(A)が想定より暗く見え、消灯して見えるタイミングで点滅させた照明(B)が暗く点灯して見えてしまう様子が観察された(図3)。

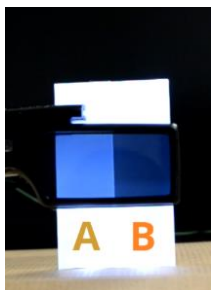


図3 提案システムを実装した様子

この結果は液晶シャッターが開状態と閉状態の間を推移するとき、その中間の半透過状態となる時間が存在することに起因すると考え、半透過状態となる時間にはいずれの照明も消灯するインターバル時間(図4中の T_{int})を設けることでその影響を避けることを考えた。

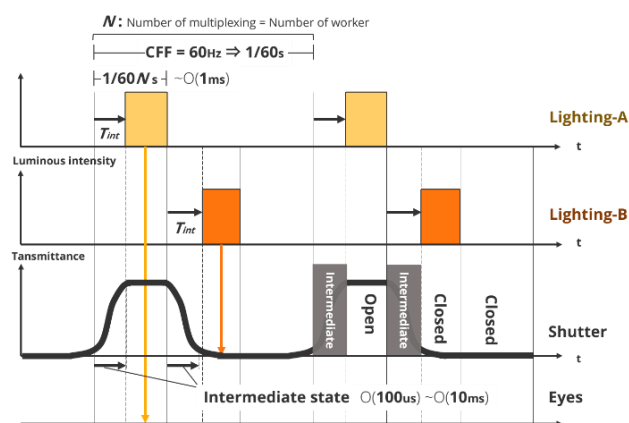


図4 提案システムにおける各要素の時間推移

シャッターの透過率推移を測定し、測定結果に基づき十分なインターバル時間を2000usと設定して再び実証実験を行った。その結果、照明のシャッター越しの見かけ上の点灯状態を想定通りに制御できる様子が観察できた(図5)。

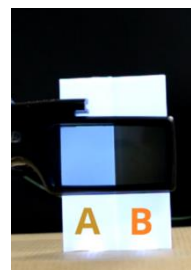


図5 インターバルを設け提案システムを動作させた様子

さらに我々は作業空間へ提案手法を設置し、異なる照明環境を提示する効果を確かめた。



図6 シャッターを通さず見た作業空間内の提案システム



図7 シャッターを通して見た作業空間内の提案システム

図7は制御を実行し、カメラ前に設置されたシャッターを通して見た様子を示している。図左上の照明(A)はシャッター越しに点灯して見えるよう制御されており、想定する通り点灯して見えている。対して図右上の照明(B)は点灯しているがシャッター越しに消灯して見えるよう制御されており、想定する通り消灯して見えている。

また、実装した装置で提示される照度を測定する実験を行った。測定において、光源は床面から250cm、測定点は床面から70cmの机面上の光源直下の点とした。また、光源の点滅及びシャッターの開閉周波数は60Hzとした。測定の結果、シャッターを一切開閉させず光を通過させる通常の提示方法による照明環境と、それと同じ見え方を想定した提案システムによる照明環境とで、同等の照度が提示されていることがわかった(図8)。

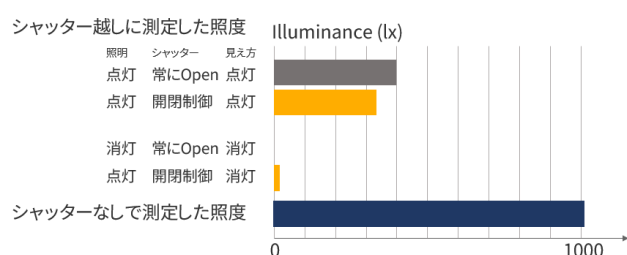


図8 照度測定実験の結果

参考文献

- [1] Al Horr, Y., Arif, M., Kaushik, A., Mazroei, A., Katafygiotou, M., and Elsarrag, E: Occupant productivity and office indoor environment quality: A review of the literature., Building and Environment 105, 369–389 (2006)
- [2] Akashi Y., Kanaya, S., and Yagi, A.: Relationship between Concentration of Subjects and the Illuminance Ratio between Ambient Lighting and Task Lighting, J. Illum. Engng. Jpn. 80, 8A, 27–36 (1996)
- [3] Wang, Z. and Tan, Y.K.: Illumination control of LED systems based on neural network model and energy optimization algorithm, Energy and Buildings 62, 514–521 (2013)
- [4] Bao, Z., Zhang, G., Zheng, J., and Fujiwara, Y.: Seat Optimization-Based Intelligent Lighting Control, Ricoh Technical Report 40, 64–72 (2015)
- [5] Shin, C. and Woo, W.: Service Conflict Management Framework for Multi-user Inhabited Smart Home, J-Jucs 15, 12, 2330–2352 (2009)
- [6] Tanaka, S., Miki, M., Hiroyasu, T., and Yoshikata, M.: An evolutionary optimization algorithm to provide individual illuminance in workplaces, Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics October, 941–947 (2009)
- [7] Dijkstra, K., Pieterse, M.E., and Pruyn, A.T.H.: Individual differences in reactions towards color in simulated healthcare environments: The role of stimulus screening ability, J. Env. Psychol. 28, 3, 268–277 (2008)
- [8] Mori, M., et al.: Effect of the Brightness on the Suprathreshold Flicker Light Field, J. Inst. Image Inform. TV. Engnr. 52, 4, 612–615 (1998)