

執務者の視野内輝度分布を考慮した知的照明システム

池上 久典

Hisanori IKEGAMI

1 はじめに

近年のオフィス照明設計では、PC 作業の増加に伴って、照度設計だけでなく輝度設計が重要となってきた^{1, 2)}。知的照明システムにおいても輝度を考慮した制御を行うことで、執務者の快適性を更に向上させることができると考えられる。そこで本稿では、執務者が快適に感じる視野内輝度分布を実現する新たな照明制御システムを提案する。これまでは机上面照度制御のみを行っていた知的照明システムに、執務者の視野内輝度分布を考慮する機構が加わった。予備実験を行い、執務者が選好する PC 画面輝度と周囲の輝度の関係（輝度比）を求める。また、動作実験を行い、目標となる輝度分布を視野内に実現できることを示す。

2 オフィス照明としての要求

知的照明システムはその有効性が認められ、実際に東京都内の複数のオフィスにおいて稼働中である。必要な場所に必要照度を提供することに成功し、大幅な消費電力の削減を実現した。

一方で、近年のオフィス照明設計では、照度設計だけでなく輝度設計が重要となってきた^{1, 2)}。照度とは平面状の物体に照射された光の明るさを表す心理的な物理量であり、輝度とは光源から照射される光の明るさを表す心理的な物理量である。すなわち、照度は物体の照らされる明るさであり、輝度は物体が発する、あるいは反射する光量である。従来、照度は計測装置が安価で、計測が容易であることから、照明設計の分野においては照度設計が行われてきた。しかしながら近年は CCD カメラが安価で手に入ることもあり、輝度計測の困難さが解消されたことで、より人間の視感度に近い照明設計として、輝度設計が重要となってきた。また、不快感や物の見えづらさを感じるまぶしさの指標としてグレアがあり、人に不快なグレア感を生じさせないような照明設計も必要である。

3 輝度分布を考慮した照明制御手法

3.1 選好輝度比

VDT 作業における労働衛生管理基準においてはディスプレイ画面の明るさ、書類及びキーボード面における明るさと周辺の明るさの差はなるべく小さくすることと言及されている。

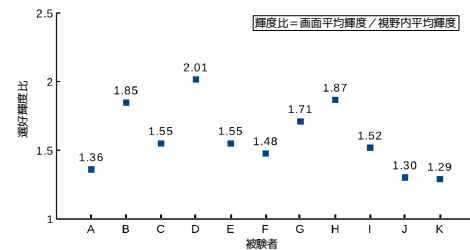


Fig. 1 選好輝度比の存在

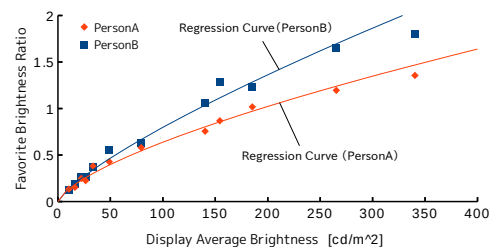


Fig. 2 ディスプレイ平均輝度と選好輝度比

ディスプレイ面と周囲の明るさに差が全くなく、同じ明るさに感じる環境は、不快グレアを生じないという観点から有効ではあるが、作業効率や作業快適性の観点からも良いかどうかは検討の余地がある。視野中心とその周囲の輝度の比によって生じる不快グレアに関する報告はいくつかあるが³⁾、執務者が選好する輝度比¹⁾の定量的な報告は少ない。

そこで、執務者が最も快適に PC 作業を行うことができる選好輝度比を予備実験によって求める。

被験者にディスプレイを見ながら照明の光度を全照明一律に調光してもらい、ディスプレイ面が見やすい、快適に感じる光環境を選択してもらった。Fig. 1, Fig. 2 に選好輝度比検証実験の結果を示す。

Fig. 1 より、作業しやすいと感じる輝度比に個人差があることがわかる。また、Fig. 2 より、ディスプレイ平均輝度の違いによって、作業しやすいと感じる輝度比に差があることがわかる。これらの結果より、各執務者が選好する輝度比を提供することで執務快適性が向上すると考えられる。

Fig. 2 より、ディスプレイ平均輝度によって、選好輝度比は異なるため、目標輝度比は現在のディスプレイ輝度から目標輝度比算出式（回帰曲線）を用いて算出する。

¹⁾ディスプレイ輝度/視野内平均輝度

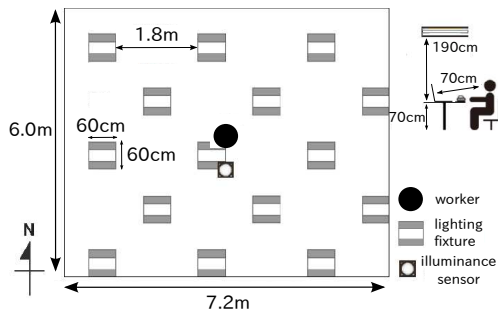


Fig. 3 実験環境図

目標輝度比算出式の一般式を式 (1) に示す.

$$B_t = x * B_d^y \quad (1)$$

B_t : 目標輝度比, B_d : ディスプレイ平均輝度

3.2 制御アルゴリズム

ディスプレイ平均輝度と視野内平均輝度の比を執務者が選好する目標輝度比に近づける制御を最適化問題と捉え, そのための目的関数を式 (2) のように定式化する. 輝度比を目標輝度比にできるだけ近づけると共に, 視野内の平均輝度がしきい値を超えた場合にペナルティを与えることで, 不快グレアを生じないように制御する.

$$f = |B_c - B_t| + wg \quad (2)$$

$$g = \begin{cases} 0 & B_a < T \\ B_a & B_a \geq T \end{cases}$$

B_c : 現在輝度比, B_t : 目標輝度比, w : 重み

B_a : 視野内平均輝度, T : 平均輝度しきい値

視野内平均輝度が 250 cd/m^2 以下で不快感の出た被験者はいなかったという先行研究があるため, 平均輝度しきい値 T には 250 を用いる.

4 動作実験

4.1 動作実験概要

提案した照明制御システムの動作実験を行う. 調光可能な照明 15 灯, 照度センサ 1 台, 輝度計測装置を用いて, 机上面に照度値 300 lx から 1000 lx まで提供できる実験環境を構築した. 構築した実験環境を Fig. 3 に示す. 本実験の輝度計測には CANON 製デジタルカメラ EOS5D を用いて構築した輝度計測装置を用いて, 画像から輝度値を算出する.

ディスプレイ輝度 (PC 作業内容) の変化に応じて, 照明光度が変更され, 目標となる輝度比が実現できることを示す.

4.2 実験結果

輝度分布制御実験を行った際の輝度比の履歴を Fig. 4 に, 視野内平均輝度の履歴を Fig. 5 に, 机上面の現在照度と目標照度の履歴を Fig. 6 に示す.

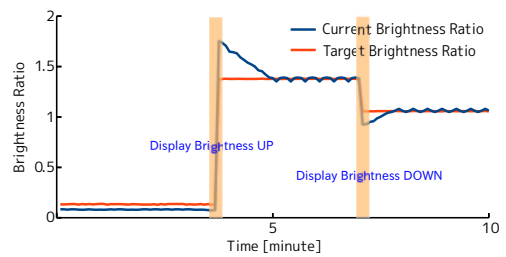


Fig. 4 輝度比の履歴

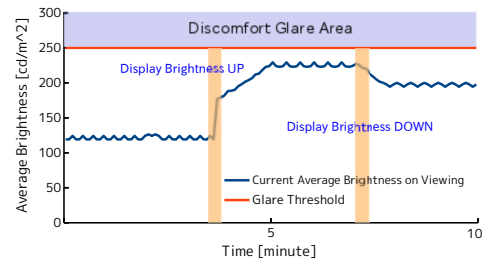


Fig. 5 平均輝度の履歴

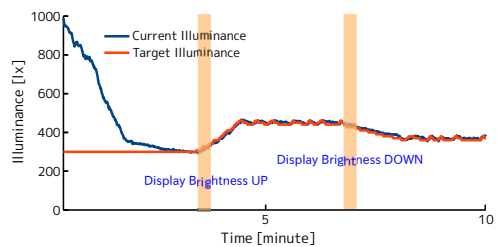


Fig. 6 机上上面照度履歴

Fig. 4 より, ディスプレイの輝度が上がったとき, およびディスプレイの輝度が下がったときに目標輝度比に収束することが確認できた. また, Fig. 5 より, 不快グレアを生じない視野内平均輝度以下で制御が行われていることがわかる.

更に, Fig. 6 より, 光環境の最適化はディスプレイ輝度が変わってから, 1 分程かけてゆるやかに行われていることがわかる. 本システムによる照明制御は, 作業中に照明光度が変更されることによる不快感を与えないと考えている.

これらの結果より, ディスプレイの輝度が変動した際に, 不快グレアに関する制約条件を満たしながら, 目標輝度比に近づくように照明制御が行われることを確認した. 今後は, 実際に執務を行なってもらい, 執務快適性の向上について検証していく.

参考文献

- 1) 中村芳樹. 照度設計から輝度設計へ: 照明設計における cg 画像の利用研究調査報告 (年報ズームアップ). 照明学会誌, Vol. 90, No. 8, pp. 537-541, aug 2006.
- 2) 岩井彌. 照明設計における照度, 輝度, 明るさ, 空間の明るさ感 (やさしい照明技術). 照明学会誌, Vol. 88, No. 6, pp. 346-349, jun 2004.
- 3) 戴倩穎, 中村芳樹. 周辺視野における明るさ知覚に関する研究: 周辺視位置と輝度比の効果. 照明学会誌, Vol. 96, No. 11, pp. 739-746, nov 2012.