

タスクライトの均斉度を改善する照明制御手法の提案

村上 和有基

Kazuyuki MURAKAMI

1 はじめに

近年、東日本大震災発生時の原発事故による電力供給不足や地球温暖化による温室効果ガス排出削減のため、オフィスでも省電力、省エネルギーが求められている。我々はオフィスでの節電対策としてオフィスの消費電力の約 4 割を占めている¹⁾ 照明に注目した。現在のオフィスの照明方式は、天井から室内を照らすアンビエント照明が一般的である。この照明方式からアンビエント照明にタスクライトを加えたタスク・アンビエント照明方式にすることで、消費電力の削減が見込まれる。理由としては、消費電力の小さなタスクライトで照度を補えるため、消費電力の大きなアンビエント照明による照度を抑えられるからである。

しかし、タスクライトの照度分布は不均一である。この照度分布の不均一さの指標として均斉度がある。均斉度が悪い環境での作業は、ワーカに対して集中度や疲労に影響を与えることがある²⁾。その結果、単純にアンビエント照明にタスクライトを加えた照明環境では、執務者に不快感を与えるオフィス環境になる恐れがある。そこで日本工業規格 (JIS) が定めた均斉度の推奨基準³⁾ を満たす照明方式を考える必要がある。

均斉度の改善を行うため、タスクライトと任意の場所に任意の明るさを提供する知的照明システム⁴⁾ を組み合わせる。現在の照度分布に応じた変化をする知的照明システムによりタスクライトの均斉度を改善できると考え、その制御手法を提案する。

2 タスク・アンビエント照明方式の特徴

執務時に個人が好む色温度や照度には違いがある。好みの異なる執務者全員に対応することは一般的なアンビエント照明だけでは困難である。しかし、タスクライトを用いることで個人が色温度や照度、光源の位置等の調節を行えるようになるため、低コストで個人の好みに合わせた光環境に調節することが可能になる。

しかし、一般的なアンビエント照明では各タスクライトの異なる調節に対応できず、机上面の照度分布が不均一になる恐れがある。そこで本研究では各机上面照度分布に応じてアンビエント照明を調光し、均斉度を JIS の推奨基準である 0.7 以上に保つアンビエント照明の制御方法について提案する。

3 均斉度について

均斉度とは対象領域の平均照度と最小照度の比で表されるもので、最小照度を平均照度で割った値である。これは対象面の光のムラを数値化したものである。均斉度

の算出に用いる対象領域の平均照度の算出方法については、式 (1) を用いた⁵⁾。

$$E = (1/4MN)(E_s + 2E_h + 4E_n) \quad (1)$$

E : 均斉度, M : 縦辺の数, N : 横辺の数

E_s : 隅点の照度, E_h : 辺点の照度, E_n : 内点の照度

JIS では作業面均斉度の推奨基準を 0.7 以上としている。この推奨基準に従い机上面の均斉度を 0.7 以上に保つようにタスク・アンビエント照明のアンビエント照明の制御を行う。

4 提案手法

今回提案するアンビエント照明の制御手法は目的関数の対象を消費電力量、目的照度との差、そして均斉度とすることである。従来手法には、均斉度を評価する項がないためこのような目的関数を設定した。目標照度を実現する位置は机上の中心点とした。今回提案する目的関数を式 (2), (3) および (4) に示す。

$$f = P + \omega_1 \sum_{j=1}^n g_j + \omega_2 \sum_{k=1}^m h_k \quad (2)$$

$$g_j = \begin{cases} 0 & (I_{c_j} - I_{t_j}) \geq 0 \\ (I_{c_j} - I_{t_j})^2 & (I_{c_j} - I_{t_j}) < 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$h_j = \begin{cases} 0 & E_k \geq 0.7 \\ (1/E_k) & E_k < 0.7 \end{cases} \quad (4)$$

P : 消費電力量 [W], ω_1 : 重み 1, ω_2 : 重み 2

I_c : 現在照度 [lx], I_t : 目標照度 [lx], n : 照度センサ番号

m : 対象面番号, E : 均斉度

式 (2), (3) および (4) を目的関数として知的照明システムの制御を行うことにより、対象机上面の目的照度と机上面均斉度を 0.7 以上に保つことが可能になると考えた。

5 提案手法のシミュレーション

5.1 シミュレーション概要

提案した目的関数を用いて、タスク・アンビエント照明方式のシミュレーションを行った。アンビエント照明による照度は逐点法により算出する。タスクライトによる照度は面光源を模したシミュレータを作成し、その照度分布をタスクライトの照度分布とした。今回の対象領域は、横 1.2 m, 縦 0.6 m, 床から 0.7 m の机上面とした。机上面を 0.1 m 間隔で格子状にわけ平均照度を算出する。タスクライトの光源の位置は、左奥にタスクライトの本体を設置し光源の位置を調節したと考え、本体設置位置

から一定の距離を持たせた位置に定義した。照度の測定点とタスクライト光源の設置位置を Fig. 1 に示す。

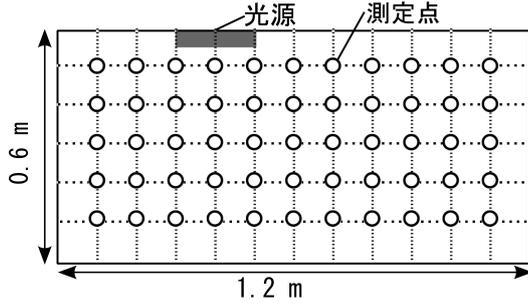


Fig.1 照度測定点と光源の設置図

シミュレーションは KC111 を模した実行環境を作成し行った。用いた照明は 15 灯、対象机上面は 3 つとした。シミュレーション対象とする環境の平面図を Fig. 2 に示す。机の配置は、現在 KC111 に設置されている照度センサを中心とするように決定した。

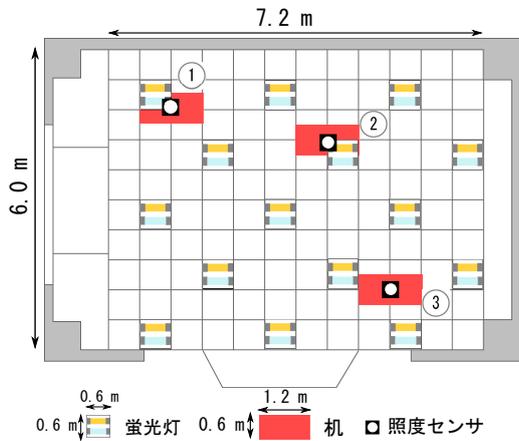


Fig.2 シミュレーション対象領域の平面図

タスクライトの光源は机上面に対して水平で、机上面からの高さは 0.4 m とした。光源の大きさは縦 0.05 m、横 0.2 m とし、光源中心直下照度は 500 lx とした。

5.2 シミュレーション結果

タスクライトに対して提案手法で制御した知的照明システムを用いて均斉度を改善するシミュレーションの結果について述べる。

最初に照度取束のグラフを Fig. 3 に示す。目的照度への取束条件は、従来の制御手法と同様に ± 50 lx とした。どのセンサの照度も目的照度を実現している。

次に提案手法と通常の知的照明システムとの比較のため、同じ環境設定で通常の知的照明システムを用いた場合のシミュレーションを行った。提案手法と通常の知的照明システムとの比較結果を Table 1, Table 2 に示す。提案手法についてのデータは Fig. 3 に示したデータを得た試行の時のものである。

Table 1 からはどちらの場合も目的照度に取束していることが分かる。そして Table 2 からは提案手法では均斉度 0.7 以上が実現されているが、通常の制御では均斉度を評価していないため均斉度が 0.7 以上になっていない机上面が存在することが分かる。

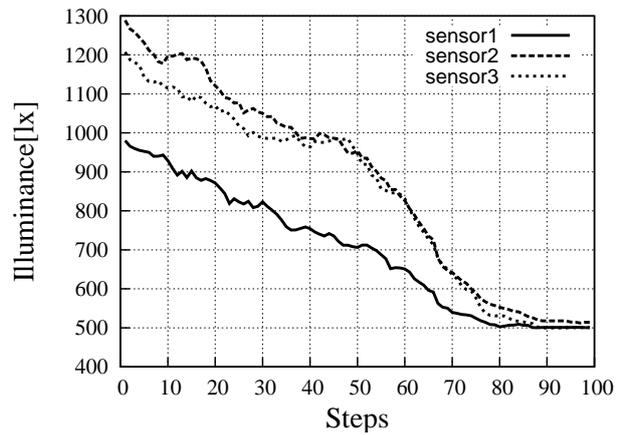


Fig.3 照度履歴

Table1 照度取束の比較

	通常の制御 [lx]	提案手法 [lx]
sensor1 の照度	502	500
sensor2 の照度	500	514
sensor3 の照度	500	501

Table2 均斉度の比較

	通常の制御	提案手法
机上面 1 の均斉度	0.75	0.75
机上面 2 の均斉度	0.64	0.73
机上面 3 の均斉度	0.66	0.70

6 まとめ

今回は目的関数に均斉度を入れることによって均斉度改善を試みた。その結果、定式化による有効性が確認できた。また、知的照明システムの特徴である任意の場所に任意の照度を実現する特徴を同時に満たすことができた。

今後は、以下のことを考えている。目的関数の重み付けを変更することによる取束状況の変化確認、消費電力量の加味、そして机上面に執務スペースを設定しその領域内での均斉度評価である。またタスクライト自体についても考慮すべきことは多くあるため、実験の環境設定を変化させ多くのデータを取得し検討する必要がある。

参考文献

- 財団法人省エネルギーセンター。
http://www.eccj.or.jp/office_bldg/01.html.
- 坂上, 明石, 梅野, 八木. 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 81-5 (1997) 385-390.
- 日本工業規格 jis z 9110 : 2010 照度基準.
<http://www.gs-yuasa.com/gy1/jp/products/gs.html/shomei/technicaldata/pdf/p104-111.pdf>.
- 三木光範. 知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム, 2007. 人工知能学会誌, Vol22. No.3, pp:399-410.
- 日本工業規格 jis c 7612-1985 照度測定方法.