

タスク・アンビエント照明における 机上面均斉度を改善する知的照明システム

村上 和有基

Kazuyuki MURAKAMI

1 はじめに

近年、温室効果ガス排出削減や東日本大震災による電力供給不足のため、社会的に省電力化が進められている。省電力化への取り組みはオフィスにおいても重要であり、照明方式の変更による省電力化が考えられている。執務者に影響の小さい部分の照明を無くし、効率良く机上面を照らす照明方式にすることで、省電力が実現できる。省電力を実現する照明方式として、天井照明とタスクライトを併用するタスク・アンビエント照明方式がある。しかし、省エネルギー性の高いタスクライトは、光の指向性が高いという特徴がある。そのため、机上面の照度分布が不均一になる可能性がある。照度分布の不均一さの評価指標として均斉度がある。均斉度が悪い環境での作業は、執務者の集中度や疲労に影響を与えるという報告がある¹⁾。そのため、天井照明とタスクライトを併用しただけの照明環境では、執務者に悪影響を及ぼす可能性がある。

先行研究として机上面均斉度は天井照明を適切に制御することで改善することが分かっており、天井照明を知的照明システムで制御することで目標照度を満たしながら均斉度改善ができると考えた。よって本研究では執務者へ悪影響を及ぼさない机上面均斉度を提供しながら、執務者が要求する照度を提供する照明システムを提案する。

2 タスク・アンビエント照明方式と均斉度

2.1 タスク・アンビエント照明方式

タスクライトの光源は天井照明に比べ執務者の近くに存在する。そのため、タスクライトは天井照明と同じ照度を低消費電力で提供できるため、タスク・アンビエント照明方式は省電力性が高い。また、執務に好まれる照度や色温度には個人差がある。各執務者の好みに対応することは天井照明だけでは困難である。一方、タスク・アンビエント照明方式は個人がタスクライトの照度および光源の位置等を調節できる。よって、低コストで容易に個人の好みに合わせた光環境を提供できる。しかし、一般的な天井照明では個々のタスクライトに対応できず、照度分布が不均一になる可能性がある。

2.2 均斉度

机上面照度分布の不均一さの評価指標として、均斉度がある。均斉度は対象領域の平均照度と最小照度の比で算出される。対象領域の平均照度の算出方法については、式 (1) を用いる²⁾。

執務時の机上面均斉度は 0.7 以上が推奨されている³⁾。本研究では机上面照度分布に応じて天井照明を制御し、均斉度 0.7 以上を保持する照明システムを提案する。

$$E = (\sum I_s + 2 \sum I_h + 4 \sum I_n) / (4MN) \quad (1)$$

E : 均斉度, M : 縦辺の数, N : 横辺の数
 I_s : 隅点照度, I_h : 辺点照度, I_n : 内点照度

3 机上面均斉度を改善する照明制御手法

机上面均斉度を改善する方法として、知的照明システムの目的関数に着目した。既存の知的照明システムでは、消費電力および照度差を評価対象としている。そのため、提案手法では均斉度を評価対象として目的関数に項を追加する。これにより、目的関数が最小となる天井照明の点灯パターン探索時に、均斉度が悪化しない状態を維持できると考えられる。提案する目的関数を式 (2) に示す。

$$f = P + w_1 \sum_{i=1}^n g_i + w_2 \sum_{j=1}^m h_j \quad (2)$$

$$g_i = \begin{cases} 0 & (I_{C_i} - I_{T_i}) \geq 0 \\ (I_{C_i} - I_{T_i})^2 & (I_{C_i} - I_{T_i}) < 0 \end{cases}$$

$$h_j = \begin{cases} 0 & (I_{m_i} - 0.7I_{a_i}) \geq 0 \\ (I_{m_i} - 0.7I_{a_i})^2 & (I_{m_i} - 0.7I_{a_i}) < 0 \end{cases}$$

n : 照度センサ数, m : 執務者数

P : 消費電力, I_c : 現在照度, I_t : 目標照度

w_1 : 重み 1, w_2 : 重み 2

I_m : 対象面最小照度, I_a : 対象面平均照度

知的照明システムの目的関数として式 (2) を用いることで、目標照度の実現と机上面均斉度 0.7 以上の維持を両立できると考える。

4 提案手法の有効性検証

4.1 実験概要

提案手法の有効性検証のため、タスクライトを用いる様々な照明方式をシミュレーションし比較を行う。比較対象とする照明方式を以下に示す。

1. タスクライトのみ
2. タスクライトと一律天井照明を併用
3. タスクライトと既存の知的照明システムを併用
4. タスクライトと提案する照明システムを併用

天井照明による照度は逐点法⁴⁾により算出する。タスクライトは点光源を用いて光源を構成し、天井照明と同様に逐点法を用いて照度を算出する。タスクライト光源の中心を机上の中心に定義した場合のタスクライト照度分布を Fig. 1 に示す。

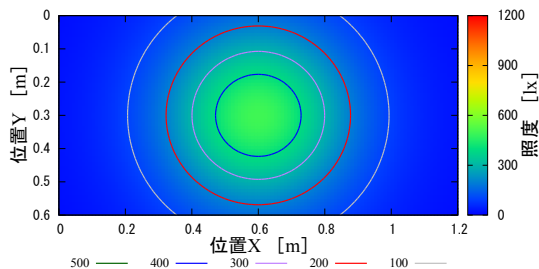


Fig. 1 タスクライト照度分布

1と2のシミュレーションは、天井照明を制御せず、調光可能なタスクライト用いて目標照度を実現する。3と4のシミュレーションは、タスクライトの照度は一律にし、天井照明を制御して目標照度を実現する。すべてのシミュレーションにおいて、机上中心点に目標照度500 lxを設定する。2のシミュレーションにおいて、一律天井照明が対象空間に与える照度は平均300 lxとする。また、3と4のシミュレーションにおけるタスクライトの光源直下照度は270 lxとした。タスクライト光源の位置は、机上面から35 cmに定義し、執務者により異なることを考慮するため、3つの光源位置を定義した。また、執務領域も考慮する必要があると考え、机上面全体、新聞紙見開きサイズ、A2サイズの領域を参考に領域を定義し均斉度評価を行った。各領域を順に机上面全体、大執務領域、小執務領域と呼称する。照度取得点とタスクライト光源の設置位置を Fig. 2 に示す。

シミュレーションは Fig. 3 に示す KC111 を模した環境を構築して行う。用いた照明は蛍光灯15灯、対象とする机は3つとした。

Fig. 3 で机に割り振られた番号と Fig. 2 で光源に割り振られている番号は対応している。具体的には Fig. 3 における1番の机の上には、Fig. 2 における1番の光源位置が定義されている。

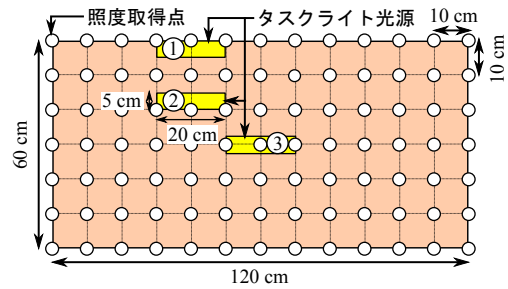


Fig. 2 照度取得点およびタスクライト光源位置

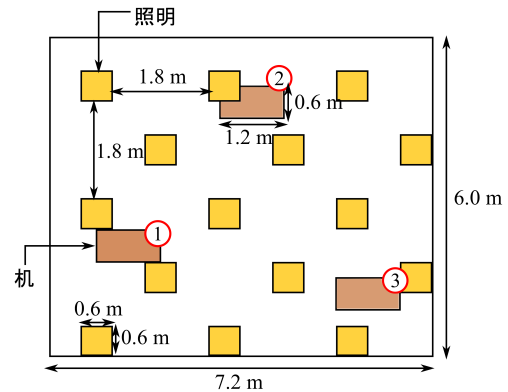


Fig. 3 シミュレーション空間の平面図

4.2 シミュレーション結果

シミュレーション結果を、Table 1 に示す。

Table 1 シミュレーション結果

シミュレーション番号	1	2	3	4
机1 [lx]	500	500	500	500
机2 [lx]	500	500	500	502
机3 [lx]	500	500	500	512
机1机上面全体	0.03	0.60	0.80	0.79
机2机上面全体	0.03	0.66	0.69	0.71
机3机上面全体	0.11	0.70	0.67	0.70
机1大執務領域	0.06	0.62	0.82	0.83
机2大執務領域	0.07	0.66	0.73	0.75
机3大執務領域	0.23	0.73	0.69	0.71
机1小執務領域	0.12	0.67	0.87	0.87
机2小執務領域	0.13	0.69	0.76	0.77
机3小執務領域	0.42	0.77	0.74	0.75

シミュレーション結果から提案手法における目標照度の実現および机上面均斉度の改善を確認した。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 日本工業規格 jis z 9110 : 2010 照度基準.
- 3) CIE: Lighting of Indoor WorkPlace. CIE S 008/E-2001, p.4(2001).
- 4) 照明ハンドブック. 2003.