

タスク・アンビエント照明方式において 机上面均斉度を考慮した照明制御手法の提案

森本 陸

Riku MORIMOTO

1 はじめに

近年、オフィスで省エネルギー化が進んでおり、省エネルギーを実現できる照明方式としてタスク・アンビエント照明方式 (TAL) が注目されている。TAL は、まず、天井照明でオフィス空間の必要な明るさを確保する。そして、作業対象に不足している照度を作業対象の近接からタスクライト (TL) を用いて照射することで、光を効率的に提供でき省エネとなる。しかし、一般的なオフィスで採用されている光源部分が小さな TL を使用すると、デスクと TL の距離が近いこと、机上面を局所的に照射してしまい、机上面に光のムラが発生する可能性がある。この光のムラの評価指標として均斉度がある。均斉度が悪い机上面で作業を行うと執務者に疲労、集中度および知的生産性などへの影響があることが報告されている¹⁾。

著者らはオフィスで執務者の知的生産性の向上と省エネルギーを目的とした知的照明システムの研究・開発を行っている。知的照明システムの照明制御における目的関数に対して、新たに机上面均斉度の項を加える。その結果、各執務者が要求する照度 (目標照度) を最小限の電力で実現しながら、机上面均斉度が向上するように天井照明を制御可能であると考えた。

以上より、本研究では国際照明委員会が定めた執務時の机上面均斉度の推奨値である 0.7²⁾ を満たしつつ、各執務者の目標照度を実現し、省電力性を向上させる TAL を提案する。そして、シミュレーションにより提案システムの有効性の検証を行う。

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

執務者には好みの照明環境があり、各執務者が業務に合わせて自由に TL の点灯率や配向方向を調整可能であれば、視対象の見え方や満足度も向上する。また、机上面に近い TL は天井照明よりも小さな電力で同等の照度を提供できる。このように TAL には、執務者の照明環境の好みに合わせた調節が可能である点と省エネの観点で大きな利点が存在する。一方で、TAL には課題点も存在する。近年、オフィスで普及している TL は、光源に LED を用いたものである。LED ライトは光の指向性が高いため、机上面に光のムラが発生する可能性があり、

そのような環境は執務者に様々な影響があると報告されている¹⁾。この光のムラの評価指標として、均斉度がある。

2.2 均斉度

均斉度とは、照らされている面の照度分布を評価する指標である。均斉度は、式 (1) で評価され、ある面の平均照度に対する最小照度の比で表される。

$$U = \frac{E_{min}}{E_a} \quad (1)$$

U : 均斉度, E_{min} : 最小照度 [lx], E_a : 平均照度 [lx]

執務時の机上面均斉度は国際照明委員会で 0.7 以上が推奨されている²⁾。そのため、机上面の照度分布を取得し、取得した情報に応じて天井照明を制御することで、机上面均斉度が 0.7 以上となる照明システムの提案を行う。提案する照明システムの制御手法として、著者らが開発および研究している知的照明システムの制御手法を用いる。

3 机上面均斉度を考慮した照明制御手法

TAL で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。知的照明システムは定義した目的関数が最小となるような天井照明の点灯パターンを探索する。既存の知的照明システムの目的関数は、消費電力と目標照度の実現具合の 2 つを考慮している。そこで、知的照明システムの目的関数に机上面均斉度の評価を行う項を追加すれば、知的照明システムの評価対象となり、机上面均斉度の改善が実現できると考えた。そこで、式 (2) を提案手法の目的関数とした。

$$\begin{aligned} f &= P + w_1 \sum_{i=1}^n g_i + w_2 \sum_{j=1}^m h_j \\ g_i &= (Ic_i - It_i)^2 \\ h_j &= \begin{cases} 0 & (Im_j - 0.7Ia_j) \geq 0 \\ (Im_j - 0.7Ia_j)^2 & (Im_j - 0.7Ia_j) < 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

n : 照度センサ数, m : 執務者数, P : 消費電力 [W],

Ic_i : 現在照度 [lx], It_i : 目標照度 [lx],

w_1 : 重み (照度差), w_2 : 重み (均斉度),

Im_j : 最小照度 [lx], Ia_j : 平均照度 [lx]

4 提案する知的照明システムの有効性検証

4.1 実験概要

提案手法の有効性を検証するため、TLを用いる3種類の照明方式をシミュレーションし、比較を行った。比較対象とした照明方式を次に示す。

照明方式 A. TLと一律点灯照明方式を併用

照明方式 B. TLと既存の知的照明システムを併用

照明方式 C. TLと提案する知的照明システムを併用

照明方式 A では、天井照明は 300 lx 程度の一定照度を提供し、調光可能な TL を用いて目標照度を実現する。照明方式 B と照明方式 C では、TL が提供する照度は目標照度の 40 % 程度で固定し、天井照明のみを制御することで目標照度を実現する。目標照度には 300 lx、500 lx および 700 lx が頻りに選択されることが実オフィスでの知的照明システムの実証実験で明らかにされている。そのため、本実験では目標照度を 300 lx とするデスク 1 台、500 lx とするデスク 1 台および 700 lx とするデスク一台の組み合わせの全 6 パターンでシミュレーションを行った。本実験のシミュレーション環境は Fig. 1 に示すとおりである。

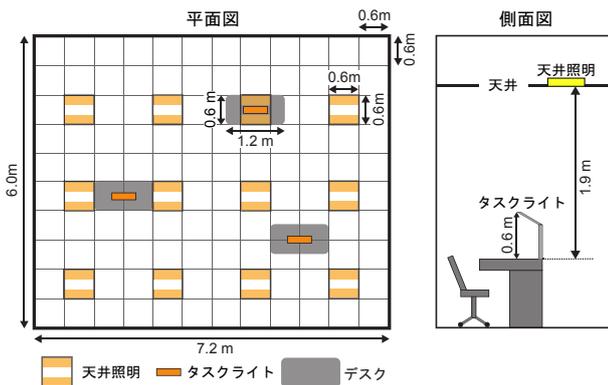


Fig. 1 シミュレーション空間平面図

4.2 シミュレーション結果

本実験では、照度が実現されているかの判定基準を目標照度の $\pm 7\%$ をとした。これは人が認知する照度変動比は約7%である³⁾ことを参考に決定した。なお本実験では、全パターンの全机上面において、目標照度の実現を確認した。次に、机上面均斉度の評価について述べる。デスクの机上面均斉度は国際照明委員会が0.7以上を推奨している²⁾ため、この推奨値を満たしているかどうかを机上面均斉度の判定基準とした。最後に、消費電力について述べる。消費電力の算出方法は、照明器具の最大光度が100%のときの消費電力を定格消費電力の値と定義した。定格消費電力とは、その製品の持つ機能を最大限に使用したときの消費電力のことである。例え

ば、照明器具の光度が50%のとき、照明器具の消費電力は定格消費電力の50%の値となる。

照明方式 A~C の結果を Table 1 に示す。Table 1 での机上面均斉度は全パターンの目標照度 300 lx、500 lx および 700 lx ごとの平均値を示す。

Table 1 シミュレーション結果

	照明方式 A	照明方式 B	照明方式 C
目標照度 300 lx の平均均斉度	0.78	0.68	0.75
目標照度 500 lx の平均均斉度	0.68	0.74	0.78
目標照度 700 lx の平均均斉度	0.61	0.76	0.81
平均消費電力 [W]	161.4	160.4	160.4

Table 1 より、照明方式 A では、目標照度 300 lx のデスクのみ机上面均斉度の推奨値 0.7 を満たすことができたが、目標照度 500 lx と 700 lx のデスクでは机上面均斉度が悪化する結果となった。照明方式 A では、天井照明が各デスクに 300 lx 程度の照度を提供するように点灯しているため、目標照度が高くなると、机上面均斉度を悪化させる TL の提供する照度が大きくなる。そのため、目標照度が大きくなるにつれて机上面均斉度は悪化する。次に、照明方式 B では目標照度が 300 lx のデスクのみ、机上面均斉度の推奨値 0.7 を満たすことができなかったが、照明方式 C では全てのデスクにおいて推奨値 0.7 を満たすことができた。これは知的照明システムの目的関数に均斉度を考慮する項を追加することで、天井照明の点灯パターンが机上面均斉度が向上するように最適化されたためである。また、照明方式 C は照明方式 A と比較して、省電力性も向上していることが確認できた。以上のことから、提案手法が有効であることが分かった。

5 結論

本稿では、TAL で机上面均斉度を改善する手法についての検証を行った。TL と一律天井照明の場合、TL と知的照明システムを併用した場合および TL と提案システムを併用した場合の 3 種類の照明方式でシミュレーションを行った。そして、TL と提案する知的照明システムを用いた場合は、他の照明方式と比較して机上面均斉度を改善することを明らかにした。以上のことから、TAL において、机上面均斉度の向上には提案手法が有効であると結論づける。

参考文献

- 1) 永井久, 安陪稔: 目の疲労から見たタスク・アンビエント照明, 照明学会誌, Vol.80-Appendix, pp.374-375, 1996.
- 2) CIE: Lighting of indoor workplace, CIE S 008/E-2001, p.4, 2001.
- 3) 鹿倉智昭, 森川宏之, 中村芳樹: オフィス照明環境における明るさの変動知覚に関する研究, 情報処理学会研究報告, pp.49-52, 2015.