

異なる配光角の照明を組み合わせた知的照明システムの有効性の検証

森本 陸

Riku MORIMOTO

1 はじめに

我々の研究室ではオフィスの照明環境に着目し、執務者ごとに照度と色温度を提供する知的照明システムの研究を行ってきた。しかし、知的照明システムにおいて隣接する執務者が大きく異なる照度および色温度を要求した場合、照明の物理的特性によりそれらの照度および色温度を実現できないことがある。そのような場合に対して、我々は知的照明システムに狭い配光角を持つ照明を狭い設置間隔で用いることで、執務者が要求する照度の実現精度（以下、個別照度実現精度）および色温度の実現精度（以下、個別色温度実現精度）が向上することを明らかにした。しかし、狭い配光角を持つ照明を知的照明システムに用いた場合、個別照度実現精度および個別色温度実現精度は向上するが、机上面の照度分布（以下、机上面均斉度）が不均一になる可能性がある。そこで本研究では、個別照度・色温度実現精度と机上面均斉度の向上を目的とした新たな知的照明システムを提案する。

2 狭い配光角を持つ照明を用いた知的照明システム

2.1 狭い配光角を持つ照明を用いた知的照明システムの概要

一般的なオフィスの天井照明は、オフィス全体に均一な照度を提供できる配光角の広い照明が使用される。また、デスクは 1.2 m×0.7 m のものが使用され、デスクレイアウトは執務者間の距離が近い対向島型が採用されている。このようなオフィスでは、1つの照明の光が複数の執務者のデスクに影響を及ぼす。そのため、隣接する執務者に 300 lx と 700 lx といった大きく異なる照度を提供することは容易ではない。

そこで著者らは、一般的なシステム天井に 0.6 m 間隔で設置した配光角の狭い照明を知的照明システムに用いることで、隣接する執務者が大きく異なる目標照度を設定した場合でも、各執務者に個別の照度を実現可能なことを明らかにした。

2.2 狭い配光角を持つ照明を用いた知的照明システムの課題

狭い配光角を持つ照明を用いた知的照明システムでは、使用する照明の配光角が狭いため、1つの照明の光が局所的にデスクを照射し、机上面均斉度が低下してしまう恐れがある。このように、知的照明システムに配光角が狭い照明を使用した場合、個別照度・色温度実現精度は向上するが、机上面均斉度は低下する恐れがある。一方で、配光角が広い照明を使用した場合、個別照度・色温度実現精度は低下するが、机上面均斉度は向上する。そこで本研究では、照明の配光角に着目し、同一環境内で配光角が異なる照明

を用いることで、どの程度の精度で目標照度および目標色温度を実現可能か、また JIS が定める机上面均斉度を満足可能かを検証した。

3 シミュレーションによる提案手法の有効性検証実験

3.1 検証実験の概要

標準的な知的照明システムと提案手法である配光角混在型知的照明システムで、3つの評価指標の結果を比較して、提案手法の有効性を検証する。

本実験での評価指標は、平均照度実現率、平均色温度実現率および机上面均斉度の3つを用いる。平均照度実現率の算出は式(1)に示す式を用いる。この値が大きいくほど、各執務者の目標照度に対して正確に照度を実現できていることを表す。平均色温度実現率の算出は式(2)に示す式を用いる。この値が大きいくほど、各執務者の目標色温度に対して正確に色温度を実現できていることを表す。机上面均斉度の算出には、JISで定義されている式(3)を用いる。机上面均斉度は、JISで定義されている許容下限値である0.7を上回ると良いとされている¹⁾。

$$A_I = 100 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Ie_i}{It_i} \times 100 \quad (1)$$

$$A_T = 100 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Te_i}{Tt_i} \times 100 \quad (2)$$

$$U_j = \frac{E_{minj}}{E_{aj}} \quad (3)$$

A_I : 平均照度実現率 [%], E_T : 平均色温度実現率 [%],

U : 机上面均斉度, n : 照度センサの数,

i : センサ番号, j : デスク番号,

Ie : 提供照度と目標照度の誤差 [lx], It : 目標照度 [lx],

Te : 提供色温度と目標色温度の誤差 [K],

Tt : 目標色温度 [K],

E_{min} : 机上面最小照度 [lx], E_a : 机上面平均照度 [lx]

次に、本実験でシミュレーションに用いる模擬オフィスレイアウトを Fig. 1 に示す。模擬オフィスには、ダウンライト照明を 0.6 m 間隔で天井に 88 台設置した。また、デスクは JIS 規格において一般的なオフィスで用いることが推奨されている 1.2 m×0.7 m のデスクを使用した。

Fig. 1 で示した模擬オフィスレイアウトにおいて、このシミュレーション環境において、12 席全てに執務者が着席していると想定し、300 lx, 500 lx, 700 lx の目標照度および 3000 K, 3500 K, 4000 K, 4500 K, 5000 K の目標色温度をランダムに設定した。このようなランダムな目標照度・色温度の設定パターンを 100 パターン作成し、それぞ

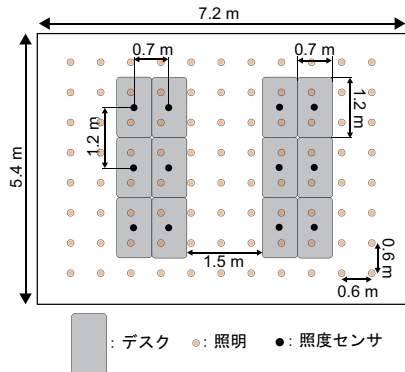


Fig.1 模擬オフィスのレイアウト

このパターンにおいて知的照明システムを動作させ、平均照度実現率、個別色温度実現率、机上面均斉度を算出する。

3.2 検証実験の結果および考察

Fig. 1 に示した環境で、3.1 節で述べた方法でシミュレーションより求めた平均照度実現率の結果を Table1 に示す。

Table1 平均照度実現率

	平均照度実現率 [%] (Max/Min)
30°	98.9 (99.9 / 98.1)
45°	96.2 (98.6 / 95.1)
60°	92.9 (95.6 / 91.8)
30, 45, 60°	97.9 (99.1 / 96.7)

※ 30, 45, 60° は同一環境内に複数の配光角が存在

Table1 から配光角が異なる照明を知的照明システムに用いた場合、配光角が 45° および 60° で一定の照明を用いた知的照明システムと比較して、平均照度実現率がそれぞれ 1.7 ポイントおよび 5.0 ポイント向上した。また、配光角が 30° で一定の照明を用いた知的照明システムと比較して、平均照度実現率が 1.0 ポイント低下した。しかし、実オフィス環境において、人間は ±6% 程度の照度差は知覚できないとされている²⁾。そのため、配光角混在型知的照明システムの平均照度実現率は 97.9% であり、ほぼ全ての執務者に対して目標照度を実現できていると言える。

次に平均色温度実現率を Table2 に示す。

Table2 平均色温度実現率

	平均色温度実現率 [%] (Max/Min)
30°	99.5 (99.9 / 98.8)
45°	98.3 (98.8 / 97.8)
60°	97.0 (97.3 / 96.5)
30, 45, 60°	98.9 (99.3 / 98.3)

※ 30, 45, 60° は同一環境内に複数の配光角が存在

Table2 から配光角混在型知的照明システムを用いた場合、配光角が 45° および 60° で一定の照明を用いた知的照明システムと比較して、平均色温度実現率がそれぞれ 0.6 ポイントおよび 2.9 ポイント向上した。また、配光角が 30° で一定の照明を用いた知的照明システムと比較して、平均

色温度実現率が 0.6 ポイント低下した。しかし、照度と同様に色温度は、実オフィス環境において、人間は ±6% 程度の変化は知覚できないとされている。そのため、配光角混在型知的照明システムの平均色温度実現率は 98.9% であり、ほぼ全ての執務者に対して目標色温度を実現できていると言える。

Table1 と Table2 から、配光角混在型知的照明システムでは、隣接する執務者が大きく異なる照度および色温度を要求した場合に、配光角を狭めることで各執務者に対して、個別に目標照度・色温度を実現可能であることを示した。

最後に机上面均斉度のシミュレーション結果を Table3 に示す。

Table3 机上面均斉度

	机上面均斉度 (Max/Min)
30°	0.66 (0.68 / 0.61)
45°	0.69 (0.71 / 0.62)
60°	0.77 (0.80 / 0.74)
30, 45, 60°	0.74 (0.78 / 0.71)

※ 30, 45, 60° は同一環境内に複数の配光角が存在

Table3 から配光角が 60° で一定の照明を知的照明システムに用いた場合、机上面均斉度の最小値は JIS で定められている机上面均斉度の許容下限値 0.7 を上回っている。しかし、照明を配光角が 30° および 45° で一定の照明を用いた知的照明システムの場合、机上面均斉度の最小値は JIS で定められている机上面均斉度の許容下限値 0.7 を下回っている。机上面均斉度に関して、配光角混在型知的照明システムを用いた場合、机上面均斉度の最小値は 0.71 となり、JIS で定められている机上面均斉度の許容下限値 0.7 を上回る結果となった。

よって、Table1 から Table3 から、配光角混在型知的照明システムは平均照度・色温度実現率を向上させながら、許容最小値が 0.7 を超える机上面均斉度を実現可能であることを示した。

4 結論と今後の展望

本実験から、同一環境内で配光角が異なる照明を知的照明システムを用いることで、目標照度と目標色温度および机上面均斉度の 3 つを向上可能であることを示した。今後の展望としては、現在、机上面均斉度に関しては照度のみを扱っているが、今後は色温度に関する机上面均斉度を考慮した知的照明システムの構築を行いたいと考えている。しかし、現在、色温度に関する机上面均斉度の定義はないため、被験者実験を通して、執務者の快適性を損なわないような色温度に関する机上面均斉度の値を検証する必要がある。

参考文献

- 1) JIS Z 9110-2010, 照明基準総則
- 2) 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