

照明の光を偏光させるレンズを用いた知的照明システムにおける個別照度実現精度の向上

神田 章博

Akihiro KANDA

1 はじめに

我々はオフィスにおける執務快適性向上を目的とした知的照明システムの研究を行っている。知的照明システムでは、執務者が個別に要求する照度（個別照度）を実現できるように照明を調光し、最適な明るさで点灯させる。しかし、使用する照明の配光特性と設置間隔およびオフィスレイアウトの関係により、全ての執務者が要求する個別照度を同時に実現できないことがある。

この課題を解決するため、本研究では照明の光を偏光可能な2種類のレンズを用いる。これら2種類のレンズを用いることで照明の配光方向を部分的に変化させ、必要な場所に光を集めることで執務者の個別照度を高い精度で実現する新たな知的照明システムを提案する。

2 照明の配光方向変更手法

2.1 配光方向の変更を用いた器材

執務者の個別照度を高い精度で実現するため、照明の配光方向に着目した。配光方向を変化させ、低照度を希望する執務者を照らす光を、高照度を希望する執務者へ配分することで、個別照度の実現精度を向上させる。本稿では平面プリズムとリニアフレネルレンズを使用し、照明の配光方向を変化させる手法を提案する。この手法ではレンズやプリズムを照明に設置するだけで配光方向を変更でき、容易に導入することが可能である。

Fig. 1 に平面プリズムとリニアフレネルレンズの形状を示す。平面プリズムとは、入射光を一定方向に曲げる働きをする。リニアフレネルレンズとは、光源から出た光を直線状に集光する働きをする。これらの器材を組み合わせて配光方向を変化させる。

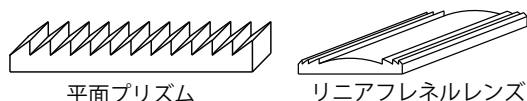


Fig. 1 平面プリズムとリニアフレネルレンズの形状

2.2 配光方向が変化する原理と照明への設置方法

照明の配光方向が変化する原理について Fig. 2 に示す照明の断面図を用いて述べる。まず、リニアフレネルレンズを LED 光源の直下に設置し、その下側に平面プリズムを設置する。このように設置することで、LED

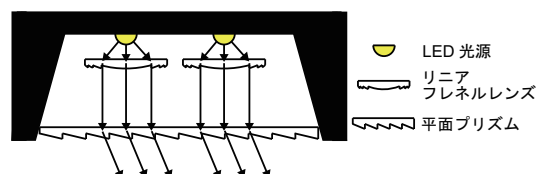


Fig. 2 平面プリズムとリニアフレネルレンズの配置

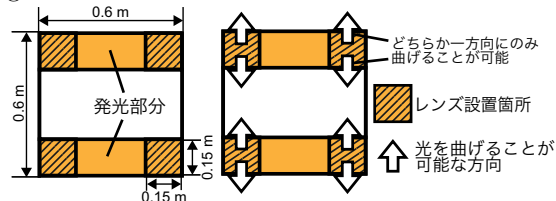


Fig. 3 照明の形状とレンズの設置箇所

光源から放射された光は、直下に設置したリニアフレネルレンズにより集光され、平面プリズムに入射する。平面プリズムは入射光を屈折させ、配光方向が変化する。

次に配光方向を変化させる位置について述べる。本手法は照明の光を集光しているため、照明の発光部分全体にレンズを設置すると執務空間に照度ムラが生じる。そこで、照度ムラを緩和させる目的で Fig. 3 に示すように照明の発光部分を6分割し、照明四隅の分割面に2種類のレンズを設置する。レンズ設置箇所では、Fig. 3 の矢印が示す2方向とレンズを設置しない場合も加味した3通りの配光方向が実現可能である。

3 照明の配光方向を変更した場合における個別照度実現精度と机上面均斉度の検証

3.1 検証実験の概要

一般的なオフィスでは、デスクレイアウトや照明の配置の関係上、知的照明システムを用いても全ての執務者が希望する照度を実現できない場合がある。そこで、照明の配光方向をオフィスレイアウトと執務者の個別照度に応じて変化させる。変化させた環境下で知的照明システムを動作させ、照度の提供精度を定量評価する。また、提案手法では、照明の光を集光し曲げる。そのため机上面の均斉度が、光を曲げない場合に比べ低下する可能性がある。オフィスにおける水平面照度の均斉度は0.6以上にする必要があると定められている¹⁾。そこで、提案手法を用いた知的照明システムの照度分布から机上面均斉度を求め、均斉度の評価も同時に行う。均斉度は机

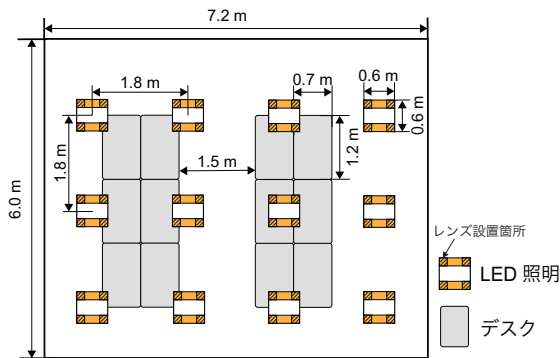


Fig. 4 模擬オフィスのレイアウト

上面照度を 0.1m 間隔で計算し算出した²⁾。

検証実験のために構築した模擬オフィスを Fig. 4 に示す。模擬オフィスには一般的なオフィスで用いる 12 台のデスクを設置し、300 lx、500 lx、700 lx のランダムな目標照度を設定した。上記に示す条件で 100 回のシミュレーションを行った。

また、執務者への個別照度実現精度の評価指標として、平均照度誤差率を用いる。導出方法を式 (1) に示す。平均照度誤差率とは目標照度と提供照度の誤差率であり値が小さい方が個別照度実現精度が高い。平均照度誤差率と机上面均斉度から、提案手法の有効性を評価する。

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Lp_i - Lt_i|}{Lt_i} \times 100 \quad (1)$$

E : 平均照度誤差率 [%], n : デスクの数
 Lp : 提供照度 [lx], Lt : 目標照度 [lx]

3.2 検証実験の結果と考察

Fig. 5 に配光方向を変化させない標準的な知的照明システムにおけるシミュレーション結果の一例を、Fig. 6 に提案手法を用いた知的照明システムのシミュレーション結果の一例を示す。また、左側の図に照明の点灯率と目標照度、右側の図に机上面照度分布と各デスクへの提供照度、均斉度を示す。図中の円の大きさは照明の点灯率、デスクの色は目標照度、矢印は照明のレンズ設置箇所における配光方向を示している。

Fig. 5 と Fig. 6 を比較すると 700 lx と 300 lx のデスクが隣り合う場所において違いが見られた。標準手法の照度分布と提供照度から 700 lx と 300 lx のデスクが隣り合う場所では、照度誤差がそれぞれ 70 lx 程度あり、目標照度の実現精度は高くない。一方、提案手法では、低照度のデスクから高照度のデスクに光を分配するように配光方向を変更している。これにより、標準手法に比べ照度提供精度が大きく向上し、照度誤差が 20 lx 程度まで改善している。また、均斉度に着目すると、大きく悪化したデスクはなく、全てのデスクで 0.6 以上であった。

次に Table 1 にシミュレーション 100 回分の標準手法と提案手法における平均照度誤差率と机上面均斉度を示

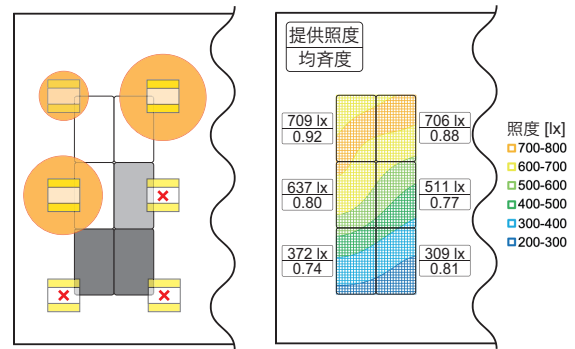


Fig. 5 標準手法におけるシミュレーション結果の一例

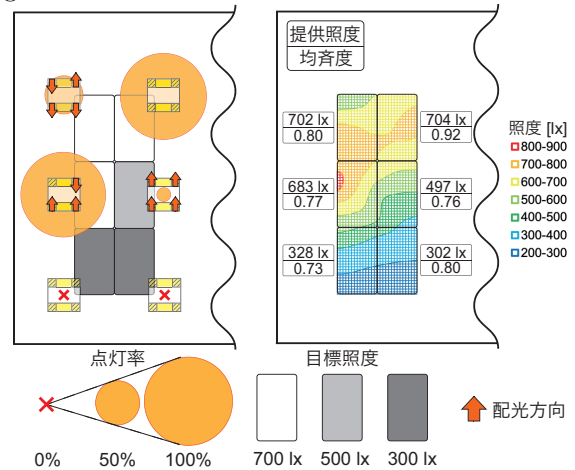


Fig. 6 提案手法におけるシミュレーション結果の一例

Table 1 平均照度誤差率と机上面均斉度

	平均照度誤差率	机上面均斉度	
		平均値	最小値
標準手法	17.2%	0.86	0.69
提案手法	10.9%	0.83	0.63

す。平均照度誤差率に関しては、17.2%から 10.9%へ低下し個別照度実現精度は向上したといえる。一方、机上面均斉度の平均値は 0.86 と 0.83 と大きな差はなかった。最小値に関しても提案手法では 0.63 と基準値の 0.60 を下回ることではないことを示した。このことから、提案手法を用いることで机上面均斉度を保ちつつ個別照度実現精度を向上可能であることを示した。

4 結論

オフィス照明に平面プリズムとリニアフレネルレンズを設置することで、照明の配光方向を変化させる手法を確立した。さらに、レイアウトと個別照度に適した配光方向に変更することで、配光方向を変化させない標準的手法に比べ、机上面均斉度を保ちつつ、個別照度に関しては高い精度で実現できる結果を示した。

参考文献

- 1) オフィス照明設計技術指針 JIEG-008 (2002)
- 2) 日本工業規格 JIS C 7612-1985 照度測定方法