

平面プリズムとリニアフレネルレンズを用いた照明制御手法によ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、本研究では平面プリズムとリニアフレネルレンズを用いる。これら 2 種類の器材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。また、提案手法では、レンズを用いて光を曲げるため、机上面均斉度が低下する可能性がある。そこで、机上面均斉度について、基準を下回らないかの検証を行う。

2 平面プリズムを用いた配光方向の変化

2.1 配光方向の変更に用いた器材

執務者の個別照度を高い精度で実現するため、本研究では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照明の光を、高照度を希望する執務者へ配分することで、個別照度の提供精度を向上させる。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ると配光方向を変化させる。

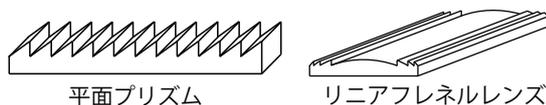


Fig.1 平面プリズムとリニアフレネルレンズの形状

2.2 配光方向を変化させる手法と位置

配光方向を変化させる手順として、まず照明に設置されている拡散板を取り外す。次に Fig. 2 に示すように、前節で述べた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

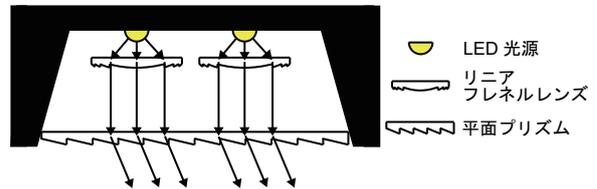


Fig.2 平面プリズムとリニアフレネルレンズの配置

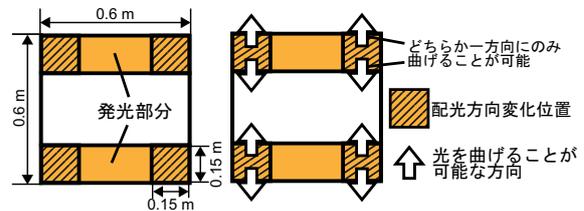


Fig.3 照明の分割

置することで、LED 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、結果として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。Fig. 3 に示すように照明の発光部分を 6 分割し、照明四隅の分割面を 2 つのレンズを設置する配光方向変化位置とした。配光方向変化位置では、Fig. 3 の矢印が示す 2 方向と平面プリズムとリニアフレネルレンズを設置しない場合の 3 通りの配光方向が実現可能である。

3 提案手法が机上面均斉度に与える影響の検証

3.1 机上面均斉度の測定方法

提案手法では、平面プリズムとリニアフレネルレンズを使用し、光を集光し曲げることで、執務者が要求する目標照度の実現精度を向上させている。そのため机上面の均斉度が、光を曲げない標準的な知的照明システムと比べ低下する可能性がある。また、オフィスにおける水平面照度の均斉度は 0.6 以上にする必要はある¹⁾。そこで、提案手法により得られた照度分布から机上面均斉度を求め、提案手法による均斉度が 0.6 を下回っていないか検証を行った。

机上面均斉度の検証を行うシミュレーション環境として、Fig. 4 に示す模擬オフィス環境を想定した。デスクレイアウトは標準的なオフィスで使用される対向島型のレイアウトを想定し、執務者は 12 名とした。目標照度の設定方法としては、300 lx, 500 lx, 700 lx からランダムに選択し設定した。上記に示すシミュレーション条件で 100 回のシミュレーションを行った。

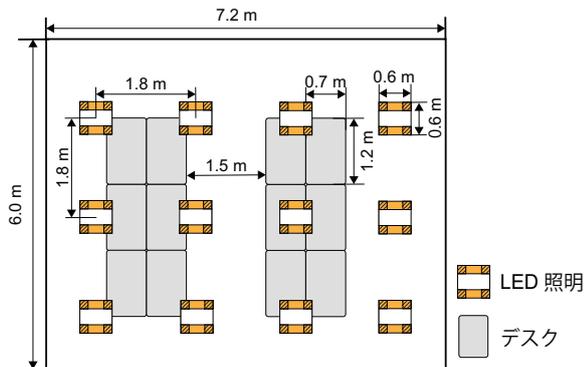


Fig.4 模擬オフィスのレイアウト

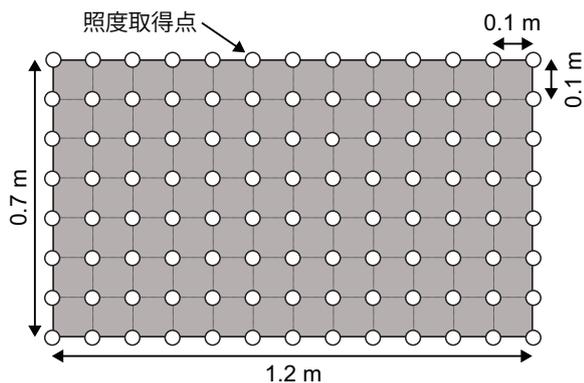


Fig.5 机上面均斉度測定時の照度取得点

次に机上面均斉度の計算方法を示す。机上面均斉度の測定点は Fig. 5 に示すように 0.1 m 間隔で測定し、各デスク 104 点の照度値を用いて均斉度を算出した。均斉度の算出式は各測定点における照度の最小照度を E_m 、各測定点の平均照度を E_a とすると E_m/E_a である。なお、平均照度 E_a の算出方法は (1) 式の通りである²⁾。ただし、M は縦の辺の数、N は横の辺の数である。

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

M:縦の辺の数, N:横の辺の数

E_s :隅点の合計値, E_h :辺点の合計値, E_n :内点の合計値

3.2 机上面均斉度の計算結果と考察

Fig. 6 に対向島型デスク 6 台の机上面照度分布と目標照度、そして均斉度を示す。Fig. 6 に示す照度分布はシミュレーションを 100 回行った内の一例である。

Fig. 6 に示すデスク 6 台において均斉度は、全て基準の 0.6 を上回り、平面プリズムとリニアフレネルレンズを用いて照明の光を曲げた場合においても均斉度には問題がないことがわかった。また、中央下側の目標照度が 300 lx と 700 lx の執務者が隣り合っているデスクにおいて、最も均斉度が低くなり、0.73 という結果であった。300 lx と 700 lx という大きく異なる目標照度を選択する場合においても、デスクの両端での照度差はあるものの机上面均斉度においては基準を上回った。このことから 300 lx と 700 lx

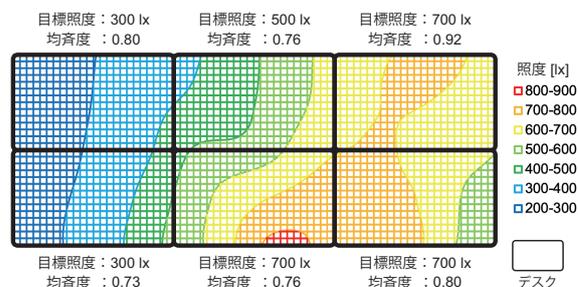


Fig.6 机上面の照度分布と均斉度の一例

Table.1 標準手法と提案手法における机上面均斉度

	机上面均斉度		
	平均値	最小値	最大値
標準手法	0.83	0.63	0.98
提案手法	0.82	0.63	0.97

を好む執務者が隣り合ったとしても均斉度での問題はないと言える。

次にシミュレーション 100 回分における机上面均斉度の平均値と最小値、最大値を Table. 1 に示す。また、比較のため、標準手法による机上面均斉度の平均値、最小値、最大値も示す。Table. 1 に示すようにシミュレーション 100 回分の机上面均斉度の平均値は標準手法と提案手法でほぼ差異はなく、0.82 という結果であった。また、提案手法での机上面均斉度の最小値は 0.63 であり、最も机上面均斉度が低い場合においてもオフィス照明設計技術指針の定める基準である 0.6 を上回る結果を得ることができた。このことから提案手法を用いて照明の光を曲げた場合においても机上面均斉度の問題なく明るさを提供できるということがわかった。また、平面プリズムとリニアフレネルレンズを用いて光を曲げた場合においても、均斉度については、標準手法と比べて低下しないということがわかった。このことから、対向島型のデスクレイアウトでは、均斉度においての問題はないと言える。

4 今後の展望

平面プリズムとリニアフレネルレンズを用いた場合における机上面均斉度について検証を行った結果、均斉度については問題がないということがわかった。本稿での結果はシミュレーションによる計算結果であるため、実環境での均斉度の測定や、照度ムラ、影などの見た目の問題についての検証を今後実施したいと考えている。また、被験者に実際の提案手法の環境下で作業をしてもらい、光環境における違和感や快適性についての被験者実験を行いたいと考えている。

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