

# 配光角可変型知的照明システムによる選好照度実現精度の向上

森本 陸  
Riku MORIMOTO

## 1 はじめに

近年、オフィスでは Fig. 1 (a) に示す対向島型レイアウト以外にも、様々なオフィスレイアウトが採用されている。<sup>1)</sup> 例えば、Fig. 1 (b) の背面型レイアウトや、Fig. 1 (c) の左右対向型レイアウトなどである。対向島型レイアウトでは執務者同士の間隔が狭い場合が多いが、背面型レイアウトや左右対向型レイアウトでは、執務者同士の間隔が広い。知的照明システムでは、対向島型レイアウトのような執務者同士の間隔が狭く、近接する執務者の選好照度の差が大きい場合において、それらの選好照度を同時に提供することができない。このような問題を解消する方法として、狭い配光角の照明を用いる方法がある。しかし、背面型レイアウトや左右対向型レイアウトのような執務者同士の間隔が広い場合や、近接する執務者の選好照度の差が大きくない場合においては、机上面の均斉度や消費電力の観点から広い配光角の照明を用いた方が適切なこともある。

このように、配光角が一律な照明では近接する執務者の選好照度の関係や、執務者の間隔が異なる様々なオフィスレイアウトに対応することが困難である。そこで、本研究では配光角を個別に変えることのできる照明を用いることで、様々なオフィスレイアウトに対応可能な、配光角可変型知的照明システムを提案する。

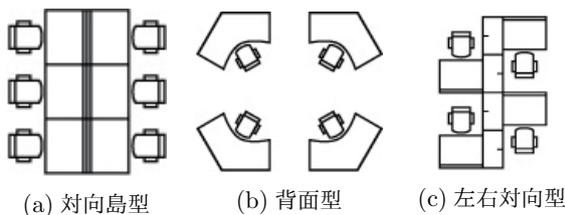


Fig.1 オフィスレイアウト

## 2 照明の配光角

配光角とは、照明から出る光の広がり具合である。照明の配光角を表現する方法には2通りある。一つ目は、照明の光度から配光角を表現する方法である。照明から光がどの方向へどれだけの強さ(光度)で出ているのかを示す極座標のグラフを配光曲線という。配光曲線から、照明の最大光度の1/2となる光度の角度を読み取ることで、配光角を求めることができる。このように、光度から配光角を求めた際の配光角は1/2ビーム角で表される。二つ目は、水平面照度から配光角を表現する方法である。照明の直下照度の1/2の照度となる点を照明の光源中心と結んだ線と、光源中心の鉛直方向線とのなす角度から配光角を求めるこ

とができる。照度から配光角を求めた際の配光角は1/2照度角で表される。このように配光角には1/2ビーム角と1/2照度角の2通りの表現方法があるが、本研究においての配光角は1/2照度角を用いるものとする。

## 3 配光角可変型知的照明システム

### 3.1 概要

照明の配光角を可変にするために、Fig. 2 に示す配光角可変装置を用いる。配光角可変装置とはプラスチック製の円筒のことを指し、配光角可変装置を照明に装着することで配光角を簡易的に変えることが可能となる。本研究では、配光角可変装置を用いることで配光角可変型知的照明システムのシミュレーションを構築する。

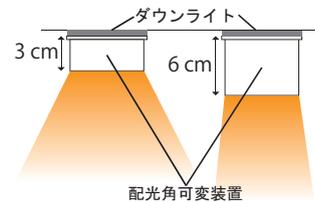


Fig.2 配光角可変装置

配光角は、配光角可変装置を未装着の照明では30度、配光角可変装置の高さ3cmを装着すると約25度、6cmの配光角可変装置を装着すると20度となる。なお本稿では、配光角可変型知的照明システムに対して、配光角が30度一律の照明を用いた知的照明システムを通常型知的照明システムと定義する。

### 3.2 配光角可変型知的照明システムのアルゴリズム

以下に配光角可変の知的照明システムのアルゴリズムの流れを示す。

1. 照度/光度影響度係数を用いて、各照明の光度から各照度センサの照度値を算出する。
2. 各照明の光度から消費電力を計算する。
3. 照度値と消費電力から目的関数1を計算する。
4. 設定された近傍内に次光度をランダムに生成し、ランダムな照明の次光度とする。
5. 照度/光度影響度係数を用いて、照明の光度から各照度センサの照度値を算出する。
6. 各照明の光度から消費電力を計算する。
7. 照度値と消費電力から次光度の目的関数を計算する。
8. 5. から7. を配光角が30度、25度、20度の3種で、次光度の目的関数を計算する。
9. 8. で求めた3つの目的関数を比較し、その中で最も良好な目的関数を目的関数2とする。

10. 目的関数 1 と 2 を比較し、目的関数 2 が改善した場合、次光度と照明の状態を確定し、1. に戻る
11. 目的関数 1 と 2 を比較し、目的関数 2 が悪化した場合、次光度と照明の状態を取り消し、1. に戻る。

以上の動作を行うことで、目標照度を満たしつつ省電力な状態へと収束する。なお、10, 11. での照明の状態とは、配光角が 30 度、25 度、20 度のいずれかを指す。

次に、最適化における目的関数は式 (1) に示す式を用いる。

$$f = P + w \sum_{i=1}^n (I_{C_i} - I_{T_i})^2 \quad (1)$$

$P$  : 消費電力 [W],  $w$  : 重み,  $i$  : 照度センサ番号

$I_C$  : 提供照度 [lx],  $I_T$  : 目標照度 [lx]

本アルゴリズムでは、式 (1) に示す式の  $f$  の最小化を目的とする。

## 4 配光角可変型知的照明の照度収束シミュレーション

### 4.1 シミュレーションの概要

通常型知的照明システムと配光角可変型知的照明システムを比較することで、選好照度の実現精度や消費電力にどのような違いが見られるのかを検証する。

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. 3 に示す。Fig. 3 に示す通り、ダウンライト照明を 0.6 m 間隔で天井に 80 台設置したと想定する。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 のデスクを想定する。

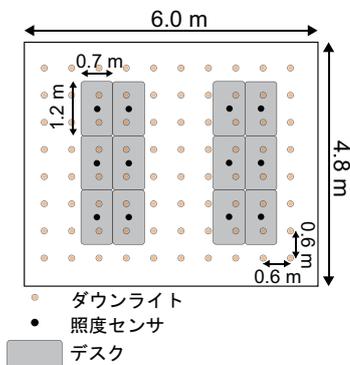


Fig.3 模擬オフィスのレイアウト

Fig. 3 で示した模擬オフィスレイアウトにおいて、低照度 (300 lx) と中照度 (500 lx) と高照度 (700 lx) を選好する執務者をランダムに 12 席に配置し、目標照度パターンを決定する。この目標照度パターンをランダムに 50 通り作成する。作成した 50 の目標照度パターンに対して、通常型知的照明システムと配光角可変型知的照明システムで照度収束シミュレーションを行う。本実験での評価指標は、目標照度実現数、照度実現精度、消費電力の 3 つを用いる。目標照度実現数は、提供照度が目標照度の ± 7 % 以内に収束したセンサ数とする。また、ここでの照度実現精

度は式 (2) に示す式を用い、消費電力は全照明を最大光度で点灯したときの消費電力を 100 % とする。

$$A = 100 - \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|I_{T_i} - I_{C_i}|}{I_{T_i}} \quad (2)$$

$A$  : 照度実現精度 [%]

$n$  : センサ台数,  $i$  : 照度センサ番号

$I_C$  : 提供照度 [lx],  $I_T$  : 目標照度 [lx]

今回のアルゴリズムには確率的山登り法 (Stochastic Hill Climbing : SHC) を用いているため、1 つの目標照度パターンに対して 100 回の照度収束シミュレーションを行い、目標照度実現数と提供照度、消費電力は 100 回のシミュレーションの平均値とする。

### 4.2 シミュレーション結果

4.1 節で述べた方法でシミュレーションを行った結果を以下の Table1 に示す。

Table1 評価指標の比較

	通常型	配光角可変型
目標照度実現数 [台]	9.7	12
照度実現精度 [%]	92.6	99.9
消費電力 [%]	25.2	33.0

実験結果から、配光角可変型知的照明システムは目標照度実現数が 12 台中 12 台となり、通常型知的照明システムと比較して、多くの照度センサが目標照度の ± 7 % に収束したことが分かる。また、照度実現精度は 7.3 % 高くなり、照度実現精度が向上することも分かった。しかし、今回、配光角可変型知的照明システムでは、通常型知的照明システムよりも消費電力が約 7.8 % 大きくなり、省エネルギー性は低いという結果になった。これは配光角可変装置を照明に装着することで照明の効率が低下してしまい、結果として消費電力が上がってしまったためと考えられる。

## 5 結論と今後の展望

本実験から、通常型知的照明システムと比較すると、配光角可変型知的照明システムでは目標照度実現数が増加し、照度実現精度も向上した。この結果から、選好照度の実現精度の向上に関して配光角を可変にすることは有効であるといえる。今後、配光角可変型知的照明システムを用いて、様々なオフィスレイアウトにおいて選好照度実現精度の向上や消費電力の削減や、均斉度の向上に関しての検証を行う。また、現在の配光角可変装置では照明の効率が低下してしまうため、フレネルレンズを用いて照明の効率を下げずに配光角を変える手法も検討する。

### 参考文献

- 1) ASHITA NO OFFICE, オフィスレイアウトの基本から変更まで, <<http://ashita-office.com/officelayout-1950>>(参照 2017-10-24).