

知的システムの省エネ性検討シミュレーション

橋川 健太郎

Kentaro HASHIKAWA

1 はじめに

知的照明システムは、オフィスの任意の場所に任意の明るさを提供し、快適性と省エネルギー性を両立したオフィス環境の実現を目的として開発が進められている¹⁾。

知的照明システムの省エネルギー性を評価するためには、様々なオフィスの環境および状況の詳細な検討を要するが、ワーカの離席や残業などにより状況は常に変動しており、また実オフィス環境への導入実験のみで様々なオフィス環境の想定を行うことも困難である。

そこで本研究報告では、様々なオフィスの状況をパラメータとして設定できる知的照明システムのシミュレータを開発し、その結果を基に省エネルギー性について検討する。

2 知的照明システム

2.1 知的照明システムの概要

Fig.1 にその構成を示す知的照明システムは照明器具と照度計、電力計などから成るネットワークで構成されるオフィス環境システムである。オフィスの照明器具は必ずしも最大光度で点灯させる必要はなく、ワーカが快適と感じる照度を任意の場所に提供出来れば十分である。知的照明システムはこの光度の調節による省電力化と共に、オフィス環境の快適性向上の両立を目的とする。

照明器具は制御装置を持ち、自律分散制御アルゴリズムに従って光度を制御する。各ワーカは照度計に、それぞれが快適と考える目標照度を指定する。ワーカは照明器具や照度計の位置を指定する必要はなく、それぞれ照度計と電力計の情報を得て照明器具が独立的に動作し、任意の場所に適切な照度を提供する。

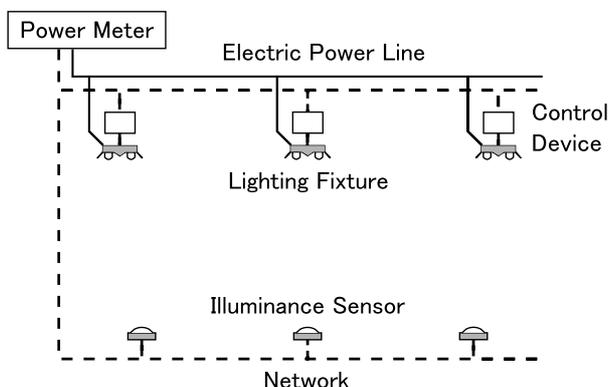


Fig. 1 知的照明システムの構成

2.2 制御アルゴリズム

照明器具の制御装置が実行する制御アルゴリズムには、確率的山登り法（Stochastic Hill Climbing: SHC）や、相関係数を用いて高速化を図った適応的近傍アルゴリズム（Adaptive Neighborhood Algorithm using Correlation Coefficient: ANA/CC）など、様々な最適化手法を用いることができる¹⁾。

各照明は独立的に動作し、制御アルゴリズムに従い照度計と電力計の情報を得て光度を計算する。この繰り返しによって、知的照明システム全体で照度の制約条件を満たしつつ、電力消費を最小化する光度を出力する。

本研究報告では、制御アルゴリズムとしてSHCを用いて電力量の推定を行うシミュレータを用いて、知的照明システムの省エネルギー性について議論する。

3 省エネルギー性検討の前提条件

3.1 シミュレータにおけるオフィス空間

シミュレーションを行う対象として、Fig.2 に示すオフィス空間を設定する。これは一般的なモデルオフィス空間のレイアウトを基に机のサイズや天井の高さが設定された、20人のワーカが執務に従事するオフィス空間である²⁾。照明器具はTable 1 に示す蛍光灯を2本1組で設置し、1つの照明として制御する。また、蛍光灯の光度の変化幅は30~100%でシミュレーションを行う。

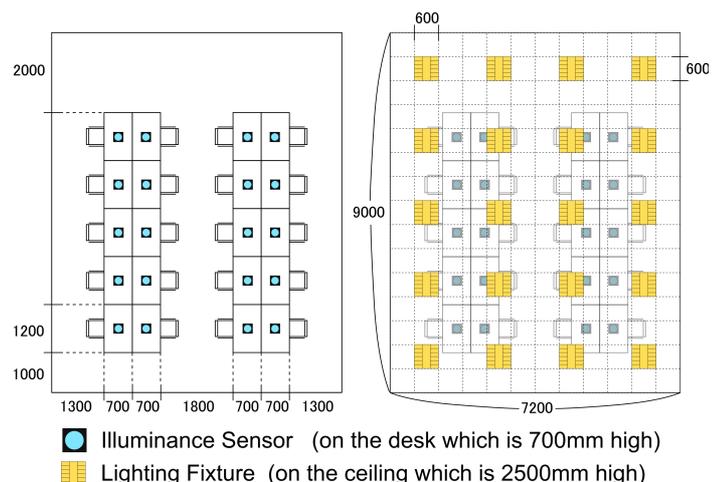


Fig. 2 検討に用いたオフィス空間（単位は [mm]）

Table 1 検討に用いた蛍光灯

ワット区分	全長	全光束
32形	412mm	2,900lm

3.2 オフィス状況の設定

知的照明システムシミュレータでは、様々なオフィスの状況を Table 2～4 に示す選好照度の分布、離席時間の分布、および残業時間の分布の3種のパラメータを用いて設定する。これらのパラメータと各ワーカーの席配置を組み合わせ、以下のルール(1)～(5)に従って各照度計の1日の目標照度の変化を算出する。また、ワーカーの配置とパラメータは毎日6:00に組み合わせを更新する。

- (1) 1日の勤務時間は9:00～18:00とし、12:00～13:00は昼休みとする。
- (2) 各照度計に設定される目標照度は、Table 2に示すような選好照度の分布のパターンが与えられる。
- (3) 昼休みは離席として扱う。
- (4) 勤務時間中には、Table 3に示す離席時間の分布に応じた離席が発生する。離席時の目標照度は0lxに設定される。
- (5) Table 4で与えられる残業時間の分布に従って各ワーカーの勤務時間が延長される。残業時間中に離席は発生しない。

Table 2 選好照度の分布 [人]

Pattern	Target illuminance			
	800lx	600lx	400lx	200lx
1	8	6	4	2
2	4	7	6	3
3	3	6	7	4

Table 3 離席時間の分布 [人]

Pattern	Time for leaving seat			
	80%	60%	40%	20%
1	8	8	2	2
2	2	8	8	2
3	2	2	8	8

Table 4 残業時間の分布 [人]

Pattern	Overtime hours			
	6 hours	4 hours	2 hours	0 hours
1	8	8	2	2
2	2	2	8	8
3	0	2	8	10

3.3 光度、照度、消費電力量の算出

シミュレータにおける照度計算は、線光源の場合の逐点法を用い、その際の光度は照明器具の配光曲線から求める³⁾。また、壁や天井からの反射や外光の影響は考慮せず、照明器具は常に新品の状態とする。

消費電力量は、実測値に基づいて得られた光度との関係がほぼ線形となったため、二次の近似式を用いて計算した。また、全ワーカーがJIS照度基準が満たされる既存のオフィスの明るさである目標照度800lxを常に要求した状態を知的照明システム導入前の状態とした。

4 評価

Table 2～4に示したパターンの組み合わせについてそれぞれ100日間のシミュレーションを行い、知的照明システム導入前と比較した消費電力量の変化を測定した。シミュレーション結果をFig.3に示す。

最も高い省エネ効果が確認されたのは選好照度の分布が pattern 3 (低めの目標照度が要求される場合)、離席時間の分布が pattern 1 (長時間の離席が多い場合)、残業時間の分布が pattern 2 (中程度の残業頻度の場合)のパターンで、知的照明システム導入前と比較した消費電力量は72.2%で、分散は38.0であった。一方、最も省エネ効果が低かったのは選好照度の分布が pattern 1 (高めの目標照度が要求される場合)、離席時間の分布が pattern 3 (殆ど離席しない場合)、残業時間の分布が pattern 1 (長時間の残業が多い場合)の場合で、知的照明システム導入前と比較した消費電力量は84.9%で、分散は59.9であった。

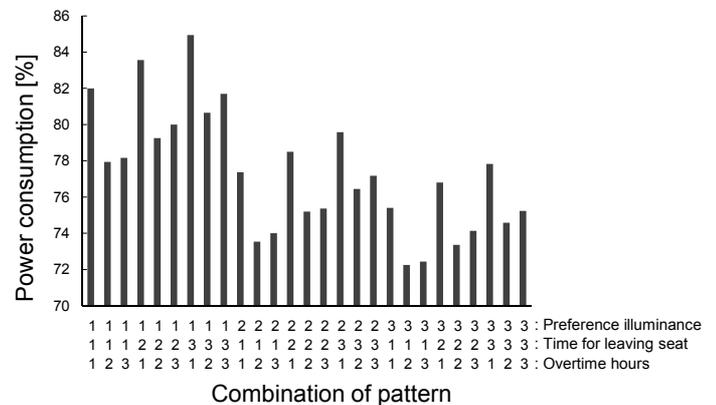


Fig. 3 シミュレーション結果

5 考察

Fig.3より、知的照明システムに最も不利なオフィス状況のパターンの場合でも15.1%、最も有利なパターンの場合なら27.8%の省エネ効果が少なくとも見込まれることが分かる。また、残業時間の分布が pattern 3 (殆どの人が残業しない場合)よりも pattern 2 (中程度の残業頻度の場合)の場合の方が省エネ効果は高いことが分かるが、これは pattern 3の場合ではワーカーが早期に全員退社するため、少数のワーカーが長時間残業する pattern 2と比べ元々消費電力量の無駄が少ないためであると考えられる。

参考文献

- 1) 三木光範, “知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム”, 人工知能学会誌, Vol.22, No.3, pp4-7, (2007).
- 2) オフィスレイアウト講座
<http://www.kokuyo-eng.co.jp/layout/seminar.html>.
- 3) 照明学会, 照明ハンドブック, オーム社, 第2版, pp.73(2003).