

知的照明システムの省エネ性検討シミュレーション Simulation of Energy Conservation for the Intelligent Lighting Systems

三木 光範[†] 廣安 知之^{††} 吉見 真聡[†] 橋川 健太郎[‡]
Mitsunori Miki Tomoyuki Hiroyasu Masato Yoshimi 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].

これら知的照明システムの有用性を評価するためには、オフィス状況の詳細な検討を要するが、作業員(ワーカー)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を行う事も困難である。

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、その結果を元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

図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、電力計等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、ワーカー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。各ワーカーは照度計に、それぞれが快適と考える目標照度を指定する。ワーカー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。

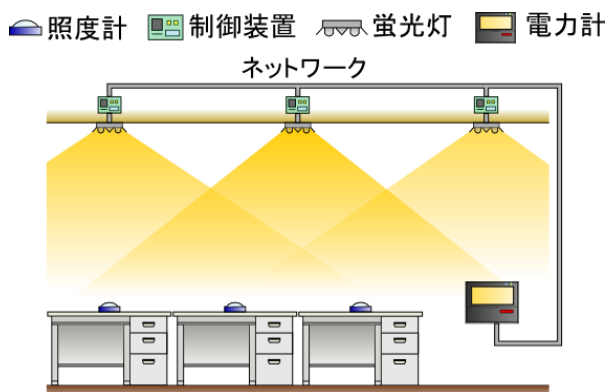


図1 知的照明システムの構成

[†] 同志社大学 理工学部
Department of Science and Engineering, Doshisha University
^{††} 同志社大学 生命医科学部
Department of Life and Medical Science, Doshisha University
[‡] 同志社大学 工学部学生
Undergraduate Student, Doshisha University

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].

各照度計は独立的に動作し、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有効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、図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元に机のサイズ、天井の高さが設定された、20人のワーカーが作業に従事するオフィス空間である。照明器具は表1に示す蛍光灯を使用する[2]。蛍光灯は2本1組で設置し、2本で1つの照明として制御する。

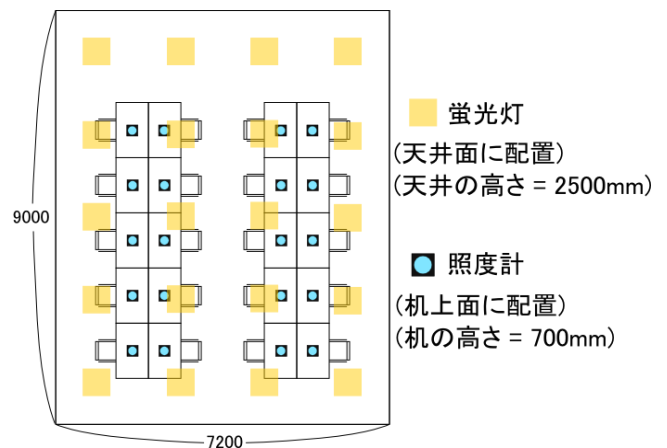


図2 検討に用いたオフィス空間 (単位は[mm])

表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、(1)ワーカーが選択している照度の状況である選好照度分布、(2)勤務時間中の離席確率分布、および(3)残業時間分布がパラメータ

として設定される。これらのパラメータと各ワーカーの配置を組み合わせ、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。又、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、表2に示すような選好照度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、表3に示す離席確率分布に応じた離席が発生する。その際、目標照度は0lxに設定される。

(5) 表4で与えられる残業時間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。

表2 選好照度の分布[人]

パターン	800lx	600lx	400lx	200lx
高	8	6	4	2
中	4	7	6	3
低	3	6	7	4

表3 離席確率の分布[人]

パターン	80%	60%	40%	20%
高	8	8	2	2
中	2	8	8	2
低	2	2	8	8

表4 残業時間の分布[人]

パターン	6時間	4時間	2時間	0時間
長	8	8	2	2
中	2	2	8	8
短	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、その際の光度は図3に示す照明器具の配光曲線から求める[3]。現在のシミュレータ実装では、壁や天井からの反射や外光の影響は含まない。

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。

4. 評価

表2~4に示したパターンの組み合わせについてそれぞれ20日間のシミュレーションを行い、消費電力量を測定した。表2~4に示したパターンにおける選好照度分布別、離席確率分布別、残業時間分布別の平均消費電力量及び分散を表5~7に示す。

表5 選好照度分布別の平均消費電力量

選好照度分布	高	中	低
平均消費電力量[%]	80.65	76.49	74.58
分散	60.52	40.64	34.18

表6 離席確率分布別の平均消費電力量

離席確率分布	高	中	低
平均消費電力量[%]	75.90	77.35	78.46
分散	42.48	45.09	47.76

表7 残業時間分布別の平均消費電力量

残業時間分布	長	中	短
平均消費電力量[%]	79.32	76.05	76.34
分散	40.25	45.46	50.32

5. 考察

表5~7より選好照度分布は小さい程、離席確率は高い程高い省エネルギー性を発揮することが分かる。また、残業時間においては分布が中の場合に省エネルギー性が最も高くなる事が分かるが、これは少数のワーカーが遅くまで残業することで、離席確率の高い状況が生じたためと考えられる。離席確率が高い程省エネルギー性が向上する理由としては、目標照度が0lxとなる箇所が増えることで、選好照度の低い状況が生じたためと考えられる。このことから、知的照明システムの省エネルギー性は選好照度分布及びワーカーの在席状況によって決定されると言える。

ワーカーの在席状況と省エネルギー性の関連について検討するに当たり、在席者数ごとの平均消費電力量を求めた結果を図3に示す。これより、知的照明システムにおける省エネルギー性は在席者数が少数になる程向上していることが確認された。

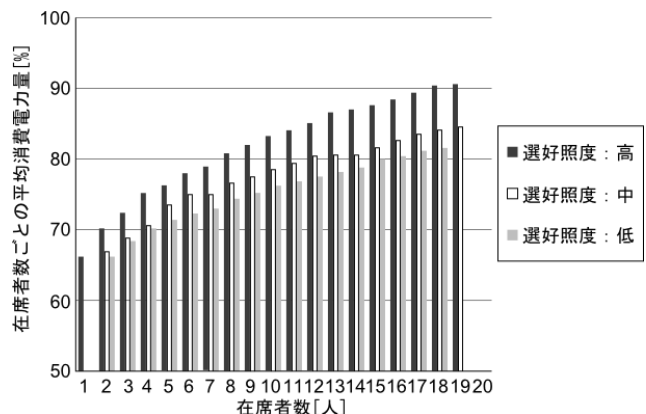


図3 在席者数ごとの平均消費電力量 (シミュレーション上で存在しなかった状況は0で表示)

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, pp.4-7, (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).