

知的照明システムにおける照度/光度影響度に設ける 閾値の動作状況に応じた最適化

町田 啓悟

Keigo MACHIDA

1 はじめに

近年、オフィス環境が執務者に及ぼす影響に関する研究が広く行われており、オフィス環境を改善することにより、知的生産性が向上することが報告されている¹⁾。中でも、我々はオフィスの照明環境に注目し、執務に最適な明るさ(照度)を個別に提供することが可能な知的照明システムを提案している。

知的照明システムでは、人の目に感知されない範囲において光度を徐々に変化させることで、最適な点灯パターンを探索を行う。また、各照明は照度センサへの影響度合いによって、その光度変化の方向付けを変えることで、効率的に制御をしている。本研究では、照度状況や照度センサの目標照度によって照明の制御を変えることで、照度収束および消費電力の収束に関し、より効率的に行う手法を提案する。

2 知的照明システム

2.1 知的照明システムの概要

知的照明システムとは、任意の場所に執務者の要求する照度をより少ない消費電力で実現する照明制御システムである。知的照明システムでは、執務者の机ごとに照度センサを設置し、それらから得られる照度値を基に各照明の光度を制御する。このとき、照度センサに対してより近い照明など、より強い影響力を持った照明を大きく点灯させることで、消費電力を抑えつつ執務者の要求する照度を満たすことができる。知的照明システムでは、各照明の各照度センサに対する影響度合いのことを照度/光度影響度と呼んでいる。

照度センサと照明の因果関係を示した照度/光度影響度は、式(1)のRによって表すことができる、

$$E = RI \tag{1}$$

E: 照度 [lx], I: 光度 [cd], R: 照度/光度影響度 [lx/cd]

2.2 最適化制御に用いる光度変化の方向付け

知的照明システムでは、各照明の照度/光度影響度に対して閾値を設けることで、各照明の光度を照度/光度影響度の大きさに応じて制御を変化させる。たとえば、Fig. 1のように閾値を設けた場合、照明を Rank_high, Rank_low, no_Rank の3段階に分けることができ、Table 1のように制御を変えることができる。また、閾値

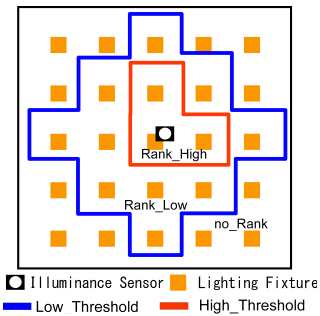


Fig. 1 閾値の例

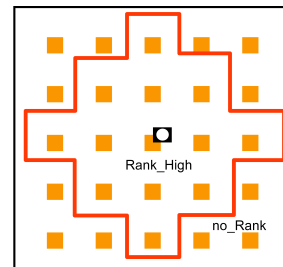


Fig. 2 最大閾値

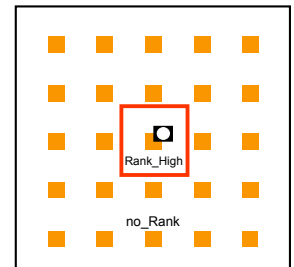


Fig. 3 300 lxを満たす範囲

Legend for Fig. 2 and Fig. 3: Illuminance Sensor (black square), Lighting Fixture (orange square), High_Threshold (red outline).

をさらに細かく作することで、複雑な制御の場合分けが可能となる。

しかし、現在この閾値は知的照明システムの作成者が経験的に決めているものであり、閾値の違いによる照度ならびに消費電力の収束性の違いは深く検討されていない。そこで、次項では照度状況、目標照度の異なるシチュエーションでの最適な閾値を、検証実験により求めた。

2.3 シチュエーションの違いによる最適な閾値

知的照明システムにおける閾値は照度状況や目標照度といったシチュエーションにより収束性が変わる。そこで、予備実験として、1台の照度センサに対しFig. 1のように閾値を2つ用い、その値を少しずつ変化させていくことで、そのときの知的照明システムの動作の特徴を

Table 1 照明ごとの制御

	Rank_high	Rank_low	no_Rank
目標照度より高い	減光小	減光大	減光大
目標照度より低い	増光大	増光小	減光大
収束域	中立	減光小	減光大

調べた。

検証結果として、次のことが言える。照度を上げたい場合、Fig. 2のように Rank_high をもつ照明ができるだけ多くなるように閾値を決定したとき最も収束が速いことがわかった。照度を下げたい場合、消費電力は、閾値を目標照度を満たすぎりぎりの値にした場合が最も収束が速い。たとえば、目標照度 300 lx を満たす範囲は Fig. 3 となる。

結果より、照度を上げるときの収束に対し、照度を下げるときの収束と消費電力の収束は、最もパフォーマンスを発揮する閾値がトレードオフの関係となっていることがわかった。

3 閾値を可変にした知的照明システム

閾値を固定で使用した場合、シチュエーションごとに、最もパフォーマンスを発揮する閾値は変わってくる。そこで、知的照明システムにおける閾値を毎ステップごとに変更するシステムを提案する。

まず前段階として、Rank_high の照明を全点灯させたとき、目標照度を満たす限界の閾値を知る必要がある。そこで、すべての照度センサの位置に対し、目標照度を満たす限界の閾値を算出しておく。閾値を目標照度を満たす限界の値とするのは、現在照度が目標照度よりも高く、照度を下げたい場合である。現在照度が目標照度よりも低く、照度を上げたいとき、閾値は、Rank_high が最も大きくなる 0.01 lx/cd を用いる。Fig. 1 のように、照明の直下に照度センサを置いたとき、Table 2 のような場合分けとなる。この場合分けを用い、知的照明システムの動作中に、照度収束および目標照度状況によって閾値を変更していく。この手法を閾値可変型知的照明システムと呼ぶこととする。

4 照度収束実験

閾値可変型と従来の閾値を固定で用いる場合の比較実験を行った。実験は、一般的なオフィスを想定した照明を 7×7 の 49 台設置したシミュレーション環境 (Fig. 4) とする。閾値固定型は様々な閾値を用いて実験し、照度収束性および消費電力収束性の観点から比較を行なった。また、照明の最大光度は 1400 cd、初期点灯光度は最小点灯光度である 280 cd (最大点灯光度の 20%) から実験を行っている。

	現在照度	
	目標照度以下	目標照度以上
目標照度 700 lx	0.01 lx/cd	0.04 lx/cd
目標照度 500 lx	0.01 lx/cd	0.09 lx/cd
目標照度 300 lx	0.01 lx/cd	0.28 lx/cd

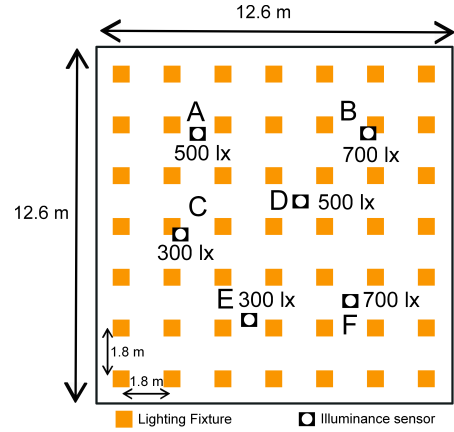


Fig. 4 実験環境

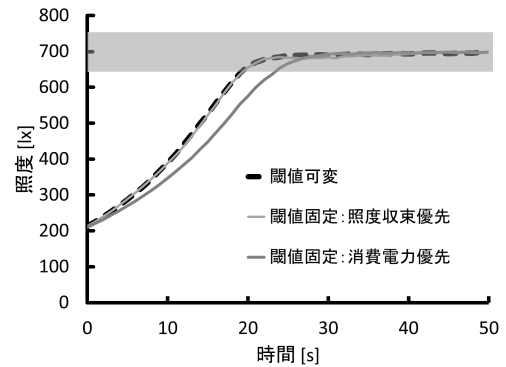


Fig. 5 照度センサ B の照度履歴

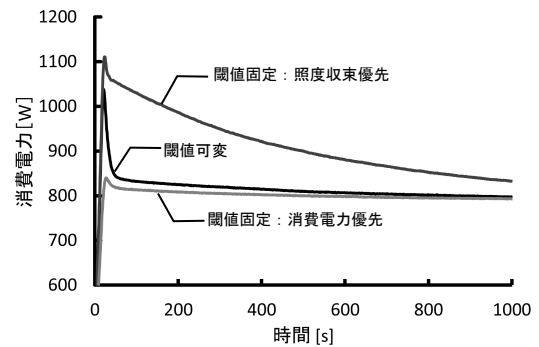


Fig. 6 消費電力履歴

照度センサ B の照度収束履歴を Fig. 5 に示す。この結果より、閾値を固定にした場合の最も収束速度が速い結果と比較し、閾値可変型はほぼ同程度の速さで収束していることがわかる。

消費電力の履歴を Fig. 6 に示す。照度センサ B の照度収束速度が最も早かった固定閾値を用いた結果は、消費電力の収束には時間がかかっているのに対し、閾値可変型は閾値を固定にしたときの最も消費電力の速かった結果と同等の結果となっていることがわかる。

以上の結果より、提案する閾値可変型は従来の閾値を固定する手法より照度収束性および消費電力の収束性において、優れていると考えられる。

参考文献

- 1) 大林史明. オフィスワークの生産性改善のための環境制御法の研究 - 照明制御法の開発と実験的評価. ヒューマンインタフェースシンポジウム, 2006.