

学習によりデータベース化した目標照度および点灯パターンの組み合わせを用いて光度制御する知的照明システム

An Intelligent Lighting System Using Target Illuminance and Luminosity Pattern Database

上南 遼平[†]
Ryohei Jonan

三木 光範*
Mitsunori Miki

寺井 大地[†]
Daichi Terai

川田 直毅[†]
Naoki Kawata

間 博人*
Hiroto Aida

1. はじめに

我々はオフィスにおける執務者の快適性向上と照明の消費電力の削減を両立する知的照明システムの研究・開発を行っている。知的照明システムは照度センサのある場所に、執務者の希望する照度（目標照度）を最小の消費電力で提供する。知的照明システムを実オフィス環境に導入し実証実験を行った結果、その有効性が認められ、今後さらに大規模な照明環境への導入を検討している。

知的照明システムは、最適化手法に基づいて各照明光度の微小な変更と有効性評価を繰り返し、最適な点灯パターンの探索を行う¹⁾。1回あたり約1秒の照明制御を60から120回ほど行うことで、約1分から2分で各執務者の目標照度を実現する。しかし、大規模環境に導入する場合、照明の台数増加に伴う制御遅延が発生し、1回の照明制御にかかる時間が増大することが懸念される。

本研究では各執務者の目標照度を実現するまでの照明制御回数を削減する手法を提案する。大規模なオフィス環境を想定したシミュレーション環境および小規模な実環境において検証実験を行い、提案手法の有効性を示す。

2. 目標照度実現に要する照明制御回数の削減

知的照明システムの導入環境の拡大に伴い、照明器具の台数は増加する。そのため、照明制御に遅延が発生し、各執務者の目標照度の実現に要する時間が増加する。

また、実オフィスに導入した知的照明システム²⁾における、ある月の3名の執務者の目標照度の分布を図1に示す。執務者Aは、目標照度をよく変更しているが、執務者Bは目標照度の変更をほとんど行っていなかった。また、執務者Cの目標照度は常に一定であり、このような執務者は全体の90%以上の割合を占めていた。すなわち、実オフィスにおいて各執務者が設定する目標照度および照明の点灯パターンはあまり変化しないと言える。

そこで、本研究では目標照度を実現する点灯パターンをデータベースに逐次保存し、目標照度変更時に、データベースの値を用いて光度制御することで、目標照度実現に要する照明制御回数を削減する手法を提案する。

3. データベースを用いた照明制御手法

提案手法は執務者が目標照度を変更した場合に、従来の制御アルゴリズムに以下の制御を加える。データセットの類似度の計算にはコサイン類似度を用いる。

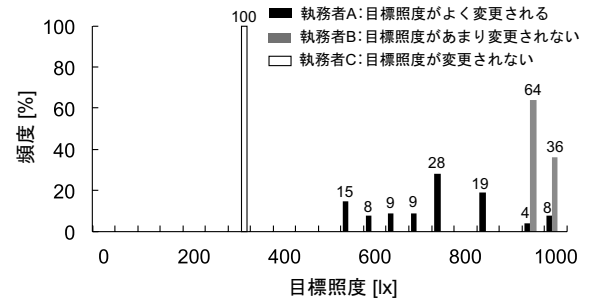


Fig.1 3名の執務者の目標照度の分布 (1ヶ月間)

1. 執務者が目標照度を変更する。
2. 現在の目標照度パターンおよび照明の点灯パターンをデータベースに保存する。
3. 項目1で設定された目標照度パターンとのコサイン類似度が最も高いデータセットを探索する。
4. コサイン類似度が閾値以上の場合、探索したデータセットの値を基に、照明光度を変更する。

なおコサイン類似度では、ベクトルの大きさを考慮できないため、規準照度を設定し目標照度が規準照度以上ならば1に、規準照度以下ならば0にする特徴ベクトルを生成し、コサイン類似度の算出を行う。コサイン類似度の計算式と特徴ベクトルの例を式(1)に示す。

$$d_i = \{0, 1, 1, \dots, 0\} \quad (1)$$

$$\text{sim}(I_t, d_i) = \frac{I_t \cdot d_i}{|I_t| |d_i|} = \frac{I_{t1} d_{i1} + \dots + I_{tm} d_{im}}{\sqrt{I_{t1}^2 + \dots + I_{tm}^2} \sqrt{d_{i1}^2 + \dots + d_{im}^2}}$$

I_t : 目標照度パターン, i : データ番号, m : センサ台数

4. 提案手法の有効性の検証実験

4.1. 実験概要

提案手法を組み込んだ知的照明システムの有効性を示すため、照度収束実験を行う。照明12灯、照度センサ3台を用いて実験環境（実環境実験）および、また、照明100灯、照度センサ64台の大規模なオフィス環境を想定したシミュレーション環境（シミュレーション実験）を構築した。実験環境の平面図を図2および5に示す。

本検証実験では、執務者が業務を1日8時間行うことを想定し、30分ごとに目標照度を50 lx間隔でランダムに変更することとする。シミュレーション実験では、土日を除いた1ヶ月を想定した20日間の実験を5回行った。また、実環境実験では7日間の実験を1回行った。提案手法と従来手法を用いて照度収束実験を行い、目標照度実現に要する照明制御回数を比較する。

* 同志社大学理工学部

[†] 同志社大学大学院

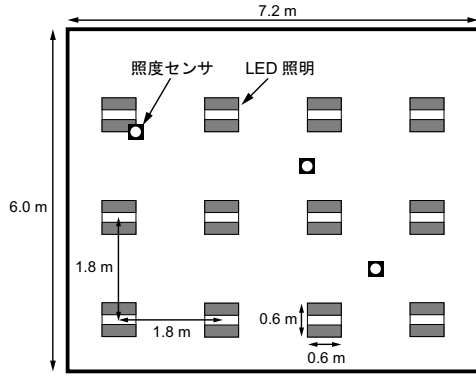


Fig.2 小規模オフィスを想定した実験環境 (平面図)

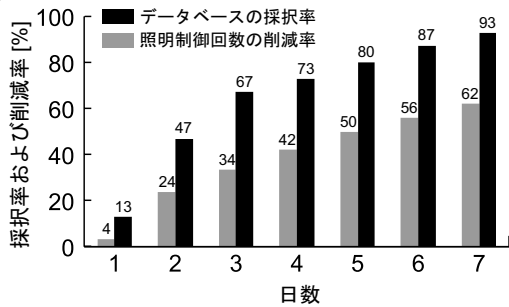


Fig.3 データベース採択率と照明制御回数の削減率の推移 (小規模オフィスを想定した実験環境)

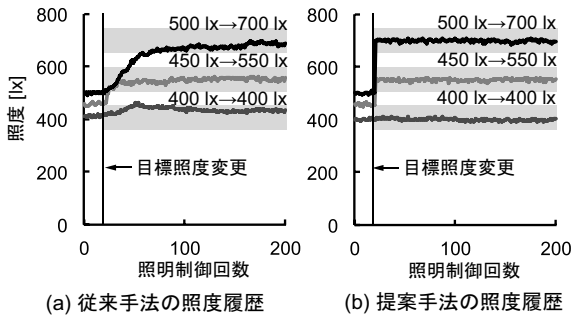


Fig.4 目標照度変更時の照度履歴 (前20回, 後180回)

4.2. 実環境実験の結果と考察

実験を行った7日間における日ごとのデータベース採択率と目標照度実現に要する照明制御回数の削減率を図3に示す。図3より日数が多くなるにつれて、データベースの採択率は高くなり、それに伴って照明制御回数の削減率も高くなっていることがわかる。

次に、提案手法および従来手法における目標照度変更前20回、変更後180回の照明制御回数分の照度履歴を図4に示す。図4(b)に示す照度履歴は、提案手法において目標照度パターンが完全に一致したデータセットを採択した時のものである。図4(a)より、従来手法は目標照度変更後から約100回の照明制御で目標照度を実現しているのに対して、図4(b)より、提案手法は1回の照明制御で目標照度を実現し、照明制御回数を大幅に削減している。これらのことから提案手法は有効であると言える。

4.3. シミュレーション実験の結果と考察

実験を行った20日間における日ごとのデータベース採択率と目標照度実現に要する照明制御回数の削減率の

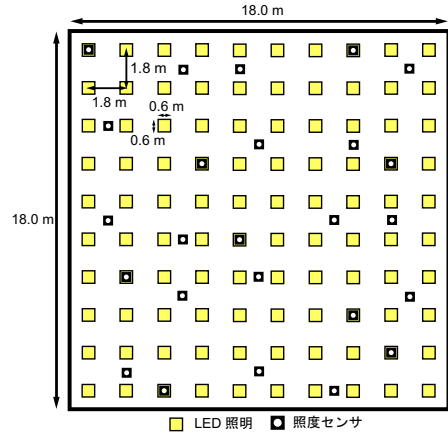


Fig.5 大規模オフィスを想定した実験環境 (平面図)

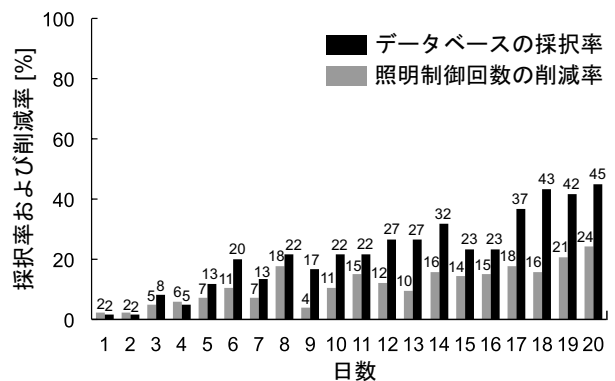


Fig.6 データベース採択率と照明制御回数の削減率の推移 (大規模オフィスを想定したシミュレーション実験)

5回の平均値を図6に示す。図6より日を経つにつれて、データベースの採択率は増加し、それに伴って照明制御回数の削減率も増加していることがわかる。また、目標照度パターンの数は照度センサ台数の増加に伴って指数関数的に増加するため、小規模環境と比較して日ごとのデータベースの採択率は低くなっている。データセットの採択を判断するコサイン類似度の閾値の値を低くした場合は、採択率は増加するが照明制御回数の削減率はあまり変化しなかった。また、照明100灯、照度センサ64台の環境で同様の実験を行ったところ、20日間の照明制御回数の削減率の最大値は11%であった。これらの結果から、大規模環境において提案手法の有効性は小規模環境と比較して高いとは言えない。

本検証実験では、目標照度を完全にランダムに変更したが、実オフィスでは2章でも述べたように目標照度はあまり変更されないと考えられる。よって、大規模環境でも小規模環境と同程度の精度を保持すると考えている。

今後は、さらに長期間を想定した検証実験、および実オフィスに導入した知的照明システムの稼働ログデータを基にした検証実験を行うことを検討している。

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 (2007), pp.399-410.
- 2) ニュースリリース:「茅場町グリーンビルディング」竣工のお知らせ. http://www.mec.co.jp/j/news/archives/mec130509_kayabacho.pdf.