

照度センサが移動する環境において 数理計画法を用いて個別照度を実現する知的照明システム

An Intelligent Lighting System Realizing Individual Illuminance
in the Free Address Office Using Mathematical Programming

上南 遼平*¹ 三木 光範*² 中原 蒼太*¹ 提中 慎哉*¹ 間 博人*²
Ryohei Jonan Mitsunori Miki Sota Nakahara Shinya Dainaka Hiroto Aida

*¹同志社大学大学院 理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University

*²同志社大学 理工学部

Department of Science and Engineering, Doshisha University

We are conducting research and development of the Intelligent Lighting System providing illuminance individually to workers at an office. In the conventional method, a intelligent lighting system will take time to realize the illuminance office worker's requests in an environment where illuminance sensor moving. Therefore, We propose a lighting control method using a mathematical programming in an environment where illuminance sensor moving. By using proposal method, to realize more quickly the illuminance required by the office worker's.

1. はじめに

我々は、オフィスにおいて各執務者が要求する明るさ（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の研究を行っている [1]。執務者は 1 人 1 台照度センサを保持し、照度センサがある場所に目標照度を提供する。実オフィスに導入した結果、各執務者に目標照度を提供することに成功し、高いエネルギー性を実現した [2]。

近年、個人のデスクをなくしたノンテリトリアルオフィスや執務者が自由に席を移動できるフリーアドレスを採用する企業が増加している。これらのオフィスでは執務者が席を自由に決定できるため、照度センサが移動する環境であるといえる。照度センサが移動する環境では、照明の明るさ（光度）変化を用いて照度センサ近傍照明を抽出している。そこから、確率的山登り法を基礎とした制御アルゴリズムを基に各執務者の目標照度を実現する点灯パターンを探索する。そのため、照度センサが移動する環境では、各執務者の目標照度を実現するのに時間がかかる。そこで、本研究では、照度センサが移動する環境において数理計画法を用いて従来よりも素早く目標照度を実現する手法を提案する。

2. 知的照明システム

2.1 知的照明システムの制御

知的照明システムは、照明、制御装置、移動可能な照度センサを 1 つのネットワークに接続することで構成する。日本の一般的なオフィスは固定席であり、照度センサの位置もあらかじめ決まっている。照度センサの配置が既知である場合、任意の照明の点灯パターンにおける各照度センサの照度は、照明と照度センサ間の距離を基にして、理論的に算出可能である [3]。そのため、固定席の環境では、数理計画法を用いることで、各執務者の目標照度を実現する照明の点灯パターンを算出できる。算出した最適な点灯パターンを実環境の照明に反映させることで、素早く執務者の目標照度を実現する [4]。

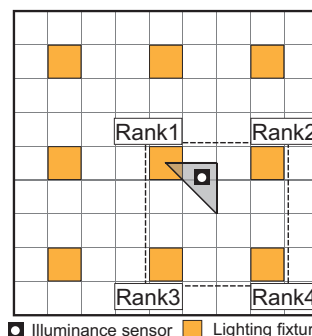


図 1: 照明抽出を基にした照度センサ設置位置の仮定

2.2 照度センサが移動する環境における課題

ノンテリトリアルオフィス等の照度センサが移動する環境では、照度センサの位置があらかじめ分からない。そのため、確率的山登り法を基礎とした制御アルゴリズムを基に、照明の点灯パターンの微小な変更と有効性評価を繰り返すことで、各執務者の目標照度を実現する点灯パターンの探索を行っている。よって、固定席の環境と比較して、目標照度の実現に多くの時間を要する。そこで、照度センサが移動する環境において、目標照度を従来よりも素早く実現するために、数理計画法を用いた手法を提案する。これにより、照度センサが移動する環境においても、目標照度を素早く実現し、執務者の快適性向上に寄与する。また、オフィス環境による目標照度実現に要する時間の差を少なくし、知的照明システムの汎用性向上を目指す。

3. 照度センサが移動する環境における数理計画法の適用

照度センサが移動する環境では、確率的山登り法による探索効率の向上を図るために、照明光度の変化を用いて照度センサ近傍照明を抽出する。照度センサ近傍照明抽出手法を用いることで、照度センサに対する影響が大きい照明 4 灯を抽出し、また照度センサに対する影響が大きい順に順位を付与することができる [5]。図 1 に示すように照明に順位付けが行われていた場合、照度センサは図 1 に示す範囲内に設置されていることがわかる。そこで、この範囲の重心に照度センサが設置され

連絡先: 上南 遼平, 同志社大学大学院 理工学研究科 情報工学専攻, 京都府京田辺市多々羅都谷 1-3, 0774-65-6924, rjonan@mikilab.doshisha.ac.jp

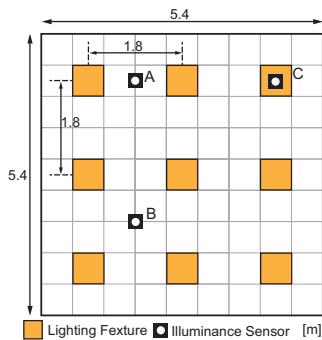


図 2: 検証実験環境 (平面図)

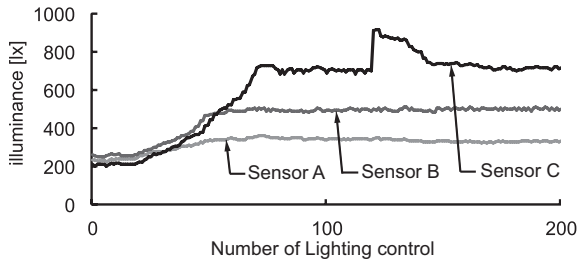


図 3: 従来手法を用いた場合の照度履歴

ていると仮定する。仮定した照度センサの設置位置と照明間の距離を基にして、理論的に照度センサの照度を算出することが可能となる。これにより、実環境において確率的山登り法による最適化を行うことなく、数理計画法を用いて最適化を行うことができる。数理計画法により導出した最適な点灯パターンを実環境の照明に反映することで、照度センサが移動する環境においても素早く各執務者の目標照度を実現する。

算出した照度の理論値は、窓からの昼光の影響を含んでいない。また、照度センサ設置位置を図 1 に示すように、重心に仮定するため、正確な照度センサ設置位置を推定することはできない。そのため算出する理論値にも誤差が生じる。そこで、算出した理論値と実際に照度センサが計測した照度値の差を、外光照度として捉え、数理計画法による最適化の際に考慮することで、外光がある環境であっても目標照度を実現する。

4. 検証実験

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実験環境を行う。本検証実験は図 2 に示した照明 9 灯、照度センサ 3 台を用いて構築した実験環境において行った。照度センサ A, B および C の目標照度をそれぞれ 300, 500 および 700 lx に設定した。

また、実験開始から 120 回の照明制御を行った時点で、外光照度として照度センサ C に蛍光灯の明かりを入射させた。従来手法として、照度センサ近傍照明の抽出を行った後に確率的山登り法を用いて照明制御を行う。各手法の照度履歴および照明の点灯状況を比較することで提案手法の有効性を示す。従来手法を用いた場合の照度履歴を図 3 に、提案手法を用いた場合の各照度センサの照度履歴を図 4 に示す。また、実験開始から 1000 回の照明制御を行った時点での各手法における照明の点灯状況を図 5 に示す。

図 3 より、従来手法は行列探索手法を用いて実験開始から 6 回の照明制御で照度センサ近傍照明を抽出し、約 120 回の照明制御で目標照度を実現している。それに対して、図 4 より提案手法は照度センサ近傍照明を抽出した後、照度センサ A および C は 1 回、照度センサ B は 3 回の照明制御で目標照度

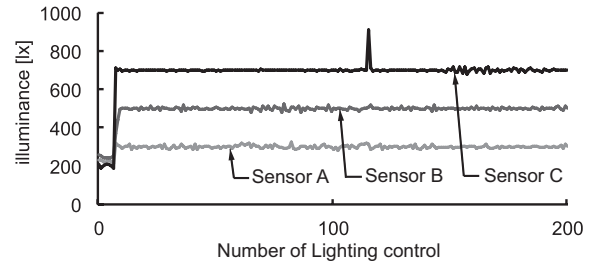
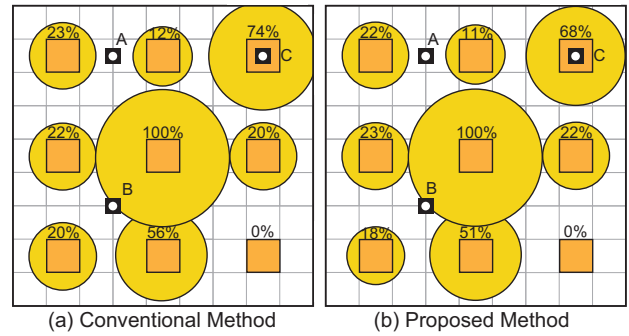


図 4: 提案手法を用いた場合の照度履歴



	Target Illuminance
Sensor A	300 lx
Sensor B	500 lx
Sensor C	700 lx

- Lighting Intensity
- Lighting Fixture
- Illuminance Sensor

図 5: 各手法を用いた場合の点灯状況 (照明制御 120 回)

を実現している。このように、仮定した照度センサ設置地点と実環境の照度センサ設置地点の位置誤差から 1 回の照明制御では目標照度を実現できない場合がある。しかしながら、位置誤差による照度差を外光照度として推定し、外光照度を考慮した点灯パターンを算出することで、数回の照明制御で目標照度を実現している。また、実験開始から 120 回の照明制御を行った時点で、外光照度の入射によって照度センサ C の照度が一時的に大きくなった後、1 回の照明制御で再び目標照度を実現している。

次に、図 5 より、各手法は同等の照明の点灯状況を実現している。これらの結果から、照度センサが移動する環境において提案手法を用いることによって、目標照度を素早く実現できることを示した。

参考文献

- [1] M.Miki, T.Hiroyasu and K.Imazato, Proposal for an intelligent lighting system, and verification of control method effectiveness, Proc. IEEE CIS, 1, 520-525 (2004).
- [2] 三木 光範, 加来 史也, 廣安知之, 吉見 真聡, 田中 慎吾, 谷澤 淳一, 西本 龍生, 実オフィス環境における任意の場所にユーザが要求する照度を提供する知的照明システムの構築 (情報・システム基礎), 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム, **94**[4], 637-645 (2011).
- [3] 上南 遼平, 谷口 武, 三木 光範, 間 博人, 知的照明システムにおける照度/光度影響係数の稼働ログデータによる推定, 情報処理学会誌, **57**[3], 936-946 (2016).
- [4] 池上 久典, 桑島 奨, 三木 光範, 間 博人, 知的照明システムにおける線形計画法を用いた照明制御アルゴリズム, 情報処理学会誌, **56**[3], 739-746 (2015).
- [5] 池上 久典, 松下 昌平, 三木 光範, 間 博人, 大規模な知的照明システムに対応した照度センサ近傍照明の抽出手法, 電子情報通信学会論文誌, **96**[11], 739-746 (2015).