

センサ移動を伴う知的照明システムにおける照明光度のセンサ照度に対する影響度学習の高速化

松谷 和樹

Kazuki MATSUTANI

1 はじめに

近年、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と報告されている¹⁾。我々は、オフィスにおける光環境の改善を目的に、任意の場所に任意の照度を実現する知的照明システムの開発を行っている²⁾。

知的照明システムの制御は最適化手法を用いる。ユーザの要求する明るさを制約条件とし、照明の消費する消費電力量を最小化する最適化問題として捉え、最適化手法を用いたアルゴリズムにより照明の制御を行う。知的照明システムは、回帰分析による影響度推定を利用した制御アルゴリズム (Adaptive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient: ANA/RC) を用いる³⁾。ANA/RC は、照明が照度に及ぼす影響を、照明光度とセンサ照度の回帰分析によって求めることにより、迅速に解へ収束することが可能である。さらに、照度センサが移動した場合には、影響度を新たに学習することでセンサの移動にも対応することができる。しかしながら、照度が収束した状況下など、光度および照度の変化幅が小さい場合には、影響度を短時間で学習することが難しく、センサが移動に素早く対応できないことがある。本研究では、照度が収束した状況下においても素早く影響度を学習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、ユーザが照度センサに照度を設定するだけで、照明や照度センサの位置情報必要とすることなく、自動的に有効な照明を判断し、適切な場所に適切な照度を提供することができる。知的照明システムは、山登り法を照明制御用に改良したアルゴリズム ANA/RC を用いる。山登り法は、現在の解を基に次ステップの解を生成し、その際の目的関数値の変化に応じて、その解を受理し遷移する処理を繰り返すことで最適解を導くアルゴリズムである。そこで、設計変数を光度、目標照度との差と消費電力量の和を目的関数とし制御を行う。さらに、ANA/RC では、照明が照度センサに及ぼす明るさの大小 (影響度) を回帰分析により学習する。収束速度の向上には、照明の照度センサに対する影響度を把握することが重要である。なぜなら、照度セン

サに及ぼす影響を把握することで、その影響が大きい、すなわちその付近にある照度センサの照度状態に応じた光度変化を行うことができるためである。ANA/RC では、回帰分析を用いて照明が照度センサに及ぼす影響度を把握する。ANA/RC では探索の 1 試行における照明の光度変化量および照度センサの照度変化量より回帰分析を行う。これにより、照明が照度センサに及ぼす影響度を回帰係数として数値化することができる。

2.2 影響度学習における課題

知的照明システムは、常に照明の光度を変化させ続けることで、動的に照明の照度センサに対する影響度を推定している。そのため、照度センサの移動やなどの環境の変化に動的に対応することができる。しかしながら、照度が収束した状態など照明の光度の変化幅が小さい場合、影響度の学習に必要な光度および照度変化が得られない。そのため、知的照明システムの制御に十分な精度の影響度の学習に長い時間を要する。

3 提案手法

点灯光度の低い照明は光度の変化幅が小さく、また、各照度センサの照度が収束した状態では照度値の変化が小さいため、影響度の学習に長時間を要する。照度センサの移動時など、影響度が正しく把握できていない際に、各照明の光度の変化幅を大きくすることで、影響度学習の高速化を目指す。現在の知的照明システムでは、各照明は照度が収束した状況においては光度の変動が小さい。Fig. 1 に示す確率密度関数を持つ乱数により次光度生成することで比較的大きな光度変化が起こる確率を高くする。なお、Fig. 1 の横軸は光度変化幅 [%]、縦軸は確率を表す。

また、ANA/RC では、影響度を単回帰分析により推定しており、照度を 1 台の照明の光度変化より説明していたが、本手法では、影響度の推定に重回帰分析を用い照度センサの照度変化を複数の照明の光度変化から説明することで、影響度学習の精度向上を目指す。

4 シミュレーションによる評価実験

提案手法が様々な状況においてセンサ移動後の影響度学習において有効であるかを検証するため、シミュレー

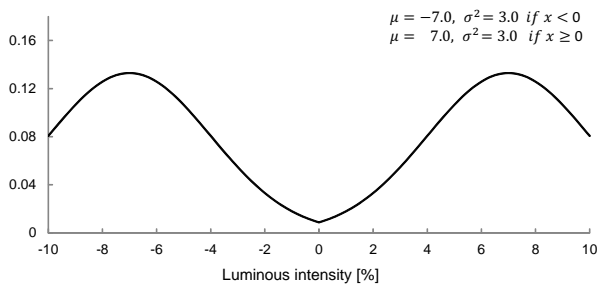


Fig. 1 Frequency Function of Random Numbers

Table 1 Conditions of a simulation

パターン	目標照度 A	目標照度 B	目標照度 C	移動位置
1	400 lx	500 lx	600 lx	D
2	450 lx	500 lx	600 lx	E
3	400 lx	500 lx	700 lx	E

シミュレーションによる検証実験を行う。実験環境を Fig. 2 に示す。実験は照明器具を 15 台、照度センサ 3 台を用いる。

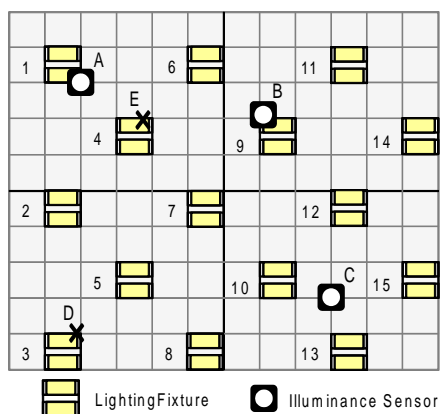


Fig. 2 Simulation Environment

システムを動作させ、300 ステップ後、照度センサ C を移動させることを想定し照度収束実験を行う。目標照度および照度センサ移動位置に関するミュレーション条件は Table 1 に示す。3 パターンのシミュレーション条件において、各パターンを 50 試行を行い、照度収束速度および消費電力量の観点から比較を行う。パターン 1 は比較的目標照度が達成しやすい状況、パターン 2 はセンサが密集している状況、パターン 3 はすべての目標照度を満たすことが困難な状況をそれぞれ想定している。

各パターンのセンサ移動後に目標照度実現に要した時間の平均値および 1000 ステップ時における照明の消費電力量（光度和）の平均値を Table 2, 3 に示す。なお、目標照度の ± 50 lx を満たした場合、照度が収束したと判断した。

Table 2 より、センサ移動後、収束に要した時間の平

Table 2 Average Convergence Speed (50 trials)

パターン	従来手法	提案手法
1	214	121
2	105	45
3	550	331

Table 3 Average Power Consumption (50 trials)

パターン	従来手法	提案手法
1	9318	7949
2	8053	7144
3	9283	7496

均は、すべてのパターンにおいて提案手法がより小さくなっており、より高速に目標照度を提供できている。

消費電力に関する比較を行う。消費電力は、照明の光度と線形関係にあるため、照明の光度が小さいほど消費電力が小さいと言える。従って、ここでは、消費電力を各照明の光度和により比較する。各手法において提案手法がより低い光度和で目標照度を満たしており、より効率的な点灯パターンであると言える。

パターン 3 における、照度収束時の各照明点灯状況の一例を Fig. 3, Fig. 4 に示す。なお、照明の周囲の円は照明の点灯光度を表しており、円が大きいほど照明光度が大きいことを表す。Fig. 3, Fig. 4 より、提案手法においてはセンサの直上の照明が強く点灯しており、効率よい点灯パターンであることが分かる。これらより、提案手法は様々な状況においてセンサ移動後により迅速に効率の良い点灯パターンを実現できることが確認できた。

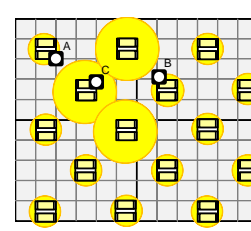
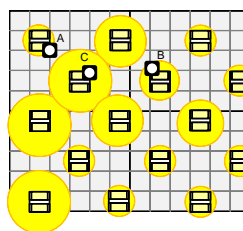


Fig. 3 Fomer method

Fig. 4 Proposal method

参考文献

- 1) 大林史明, 富田和宏, 服部瑤子, 河内美佐, 下田宏, 石井裕剛, 寺野真明, 吉川榮和. オフィスワークのプロダクティビティ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. ヒューマンインターフェースシンポジウム 2006, 2006
- 2) 三木光範. 知的照明システムと知的オフィスコンソーシアム. 人工知能学会, Vol.22, No3, pp.399-410, 2007
- 3) 小野景子, 三木光範, 米澤基. 知的照明システムのための自律分散最適アルゴリズム. 電気学会論文誌, Vol.130, No5, pp.750-757, 2010