

# 知的照明システムにおける照度センサ移動時の影響度学習の高速化手法の提案

松谷 和樹

## 1 はじめに

近年、オフィスにおける、オフィスワークの快適性および知的生産性の向上に注目が集まっている。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<sup>1)</sup>。我々は、オフィスにおける光環境に着目し、任意の場所に任意の照度を実現し、かつ省エネルギー性を実現できる照明システム（以後、知的照明システム）の開発を行っている<sup>2)</sup>。知的照明システムは、各照明の点灯の強さ（光度）を変化させ、その際の点灯パターンの評価を行うことで、徐々にユーザの要求する照度に近づける。また、知的照明システムは、各照明がどの照度センサにどの程度影響を及ぼすか（影響度）を照明の光度と照度センサの照度の回帰係数を求めることで、動的に推定している。影響度の大小や各照度センサの収束状況から適切な近傍を選択することで迅速に解を導出できる。また、照度センサが移動した際には、回帰係数を新たに算出することで、照度センサの移動に対応することが可能である。しかしながら、照度センサが移動した際に各照度センサの照度が収束した状況あるいは、センサの移動先の照明の点灯光度が低い状況においては、各照明の光度および照度センサの照度の変化幅が小さく、正確な影響度の推定に長い時間を要する。本稿では、近傍内から光度の変化量が大きい光度を選択しやすくすることで影響度を短時間で推定する手法を提案し、提案手法の有効性を検証する。

## 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 (Adaptive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient: ANA/RC)<sup>3)</sup> 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きさを回帰分析により学習し、その度合いや各照度センサの目標照度への収束状況よりに応じて Fig. 1 に示す次光度生成のための近傍を適切に選択する。これにより、迅速に解を導出することができる。

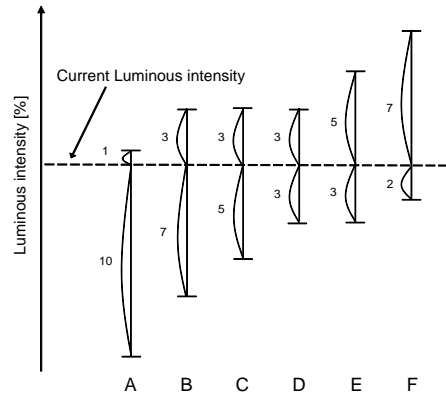


Fig.1 次光度生成のための近傍

### 2.2 課題点

探索効率の向上には、照明が照度センサに及ぼす影響度を把握する必要があるが、影響度の学習に長時間要する状況が存在する。知的照明システムは、照明が移動した際、新たに回帰係数を取得しなおすことで、センサの移動に対応することが可能である。しかしながら、照度が収束した状態でセンサの移動や照明の点灯光度が比較的低い場所へ照度センサを移動させた場合、各照明の光度変化幅が小さく、影響度の学習に長い時間を要する、あるいはその精度が悪くなる。このため、センサの移動後の目標照度への収束に時間がかかることがある。

## 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、影響度の学習を高速化する。現在の知的照明システムでは、各照明は選択された近傍内から一様乱数を用いて光度変化量を決定し、次光度を生成しているため、小さい光度変化幅をとることがある。そこで、光度変化量が現在の点灯光度から-10~10%の近傍内から Fig. 2 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。

## 4 検証実験

提案手法が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。実験環境を Fig. 3 に示す。実験室には 7.2m × 6.0m の空間に調光可能な白色蛍光灯が 15 台、照度センサが 3 台設置されている。また、外光の影響を排除するために、窓のない空間で実験を行った。

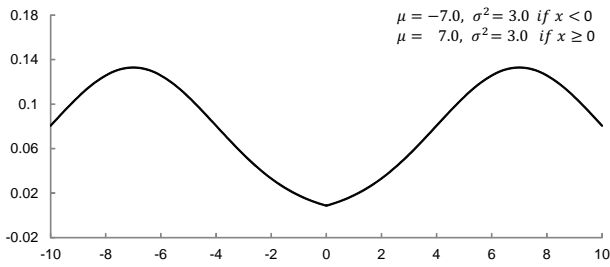


Fig.2 乱数の確率密度関数

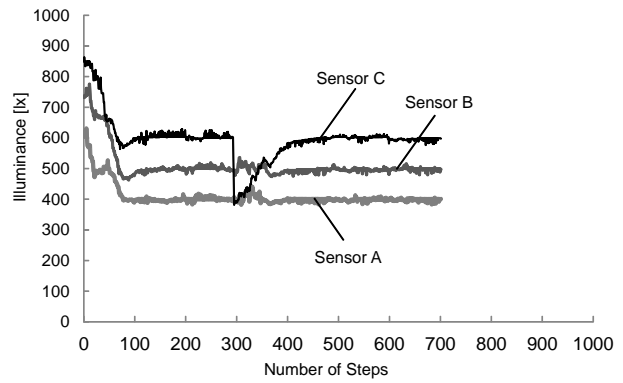


Fig.5 照度履歴 (提案手法)

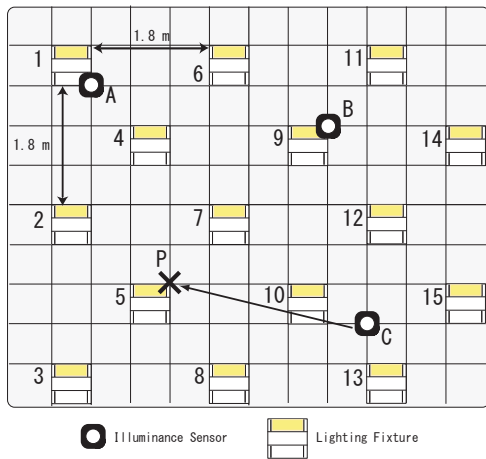


Fig.3 実験環境

設置した照度センサ A, B および C の目標照度をそれぞれ 400, 500, 600 lx とした。また、実験開始から 300 step 後にセンサ C を Fig. 3 中の地点 P に移動させた。また、照度センサの移動後は、センサ C の回帰係数は移動後の照度および光度履歴のみを用いて算出した。従来の近傍を用いた際の各照度センサの照度履歴を Fig. 4, 提案手法を用いた際の照度履歴を Fig. 5 に示す。また、Fig. 6 に照度センサの移動後センサ C から最も近い位置にある照明 5 のセンサ C に対する回帰係数の推移を示す。

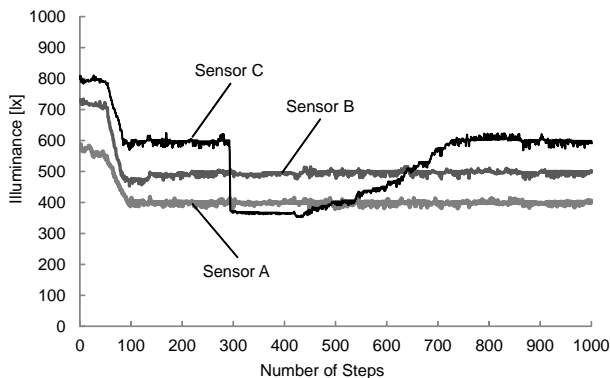


Fig.4 照度履歴 (従来手法)

Fig. 4 および Fig. 5 より、提案手法では、センサの移動後 160 step 程度、従来手法では、420 step 程度の探索回数を要した。このことから提案手法は従来手法より、

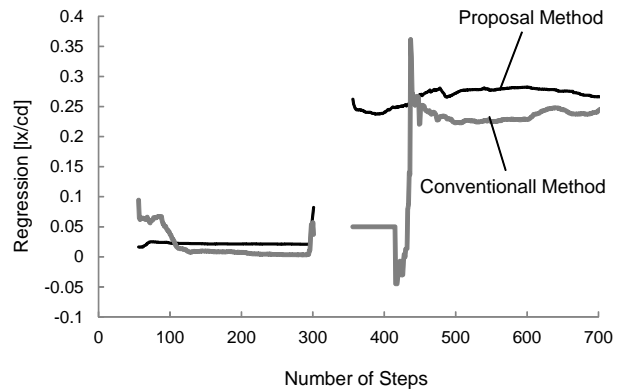


Fig.6 照明 5 のセンサ C に対する回帰係数

より高速に目標照度への収束が可能であることが分かった。また、Fig. 6 より、従来手法と比較し、提案手法では比較的早く影響度の学習を行うことができた。

## 5 今後の展望

提案手法では、影響度を短時間で推定するために、光度の変化量が大きくなりやすい。そのため、照度の変化量も大きくなり、ユーザが明るさのちらつきを感じる可能性があるため、どの程度の変化幅が適切か検証を行う必要がある。また、本稿では、Fig. 2 に示す確率密度関数を持つ乱数を暫定的に用いたが、どのような乱数を生成するのが影響度の学習により有効であるかを検討する。

## 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