

知的照明システムにおける照度センサ位置の学習について

笠原 佳浩

1 はじめに

近年、オフィスでは仕事の内容の個別化や高度化に柔軟に適応し、オフィスワークのさらなる創造性向上やストレス軽減などを目的とするオフィス環境の創造が求められている。我々はこのような背景から、オフィスにおける光環境の改善を目的とした知的照明システムの研究を行っている¹⁾。この知的照明システムでは、各照明はその光度を変化させ、机上に設置されたセンサの照度に与える影響を計測することで、点灯光度を最適化する。しかし、各照明が現在光度をもとに相対的に光度を変化させた場合、低光度時には学習のために有効な変化量が得られなくなってしまう場合がある。

そこで本報告では、正しく学習できる光度の減光限界を解析し、報告する。

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、コンピュータ制御が可能な複数の照明器具、照度センサ、及び電力計を 1 つのネットワークに接続したものである。この知的照明システムでは、照明が発する明るさを表わす光度、および照度センサが測定する明るさを表わす照度を用いて制御を行う。つまり各照明は、照度センサからの照度情報および、電力計からの電力情報を基に、自律分散最適化アルゴリズムに基づいて光度を変化させ、目標とされる照度を満たすような点灯パターンへと収束する。ここで、短時間で目標照度を満たすためには、照明が各照度センサに与える影響度(位置関係)を学習することが必要不可欠である。そこで、その影響度を自律的かつ動的に学習する手法として、相関分析および回帰分析を用いて検討した。

2.2 相関分析による影響度の学習

相関分析は、2 つの変量がある場合の関係の強さの測度を分析するものである²⁾。知的照明システムでは、各照明の光度変化量および各照度センサの照度変化量について相関分析を行っている。つまり、相関が強い照明と照度センサは影響度も高くなる。

2.3 回帰分析による影響度の学習

回帰分析は、いくつかの変数の値を用いて他の変数の値を予測するために用いられる方法である³⁾。相関分析と比較し、より正確な影響度を取得する方法として用いられている。知的照明システムでは各照明と照度センサの因果関係を、光度変化量と照度変化量の単回帰式として定式化する。そして、その回帰式を説明する回帰係数が各照明と照度センサの影響度となる。また、知的照明

システムでは回帰係数を求める手法として逐次型最小二乗法を用いている。逐次型最小二乗法は、探索を行う過程において、探索毎に未知係数を補正しながら推定するため、探索過程が進むにつれてより正確な影響度の学習が可能となる。

3 低光度時における影響度学習の検証

3.1 実験概要

本実験では低光度時における知的照明システムの有用性を検証するため、点灯光度が低い場合の照明と各照度センサとの影響度を確認する。実験環境は Fig. 1 に示すように照明器具 15 灯センサ 3 台を用いた。

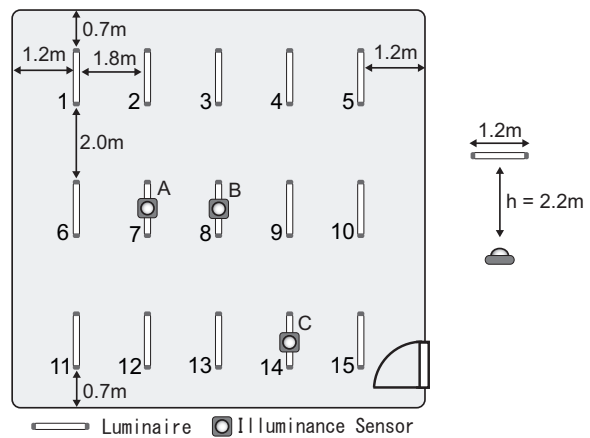


Fig.1 実験環境

本実験では、光度変化幅を変化させたときによる影響度の違いを測定するため、表 1 に示す 3 つの場合について行った。なお、各照明の最大点灯光度を 1414 cd とし、光度変化幅は、人間が照明の光度変化を意識しない範囲とされる設定光度の 10% とした⁴⁾。相関係数はサンプル数を 500 とし、1 ステップは 1 秒とする。

Table1 実験条件

	照明 8 番 (%)	他の照明 (%)
パターン A	30	100
パターン B	20	100
パターン C	10	100

このときの照明 8 番における各照度センサの相関係数と回帰係数を測定した。

3.2 実験結果

Fig. 2, 3, 4 に照明 8 番に対する各照度センサの相関係数、および回帰係数の履歴を示す。

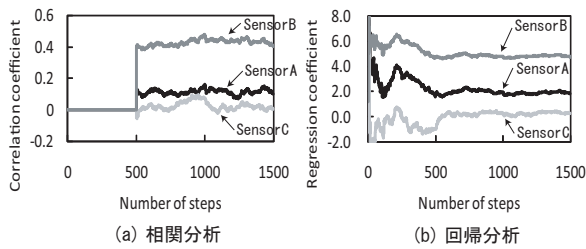


Fig.2 パターン A

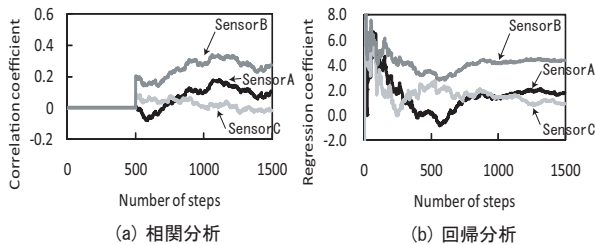


Fig.3 パターン B

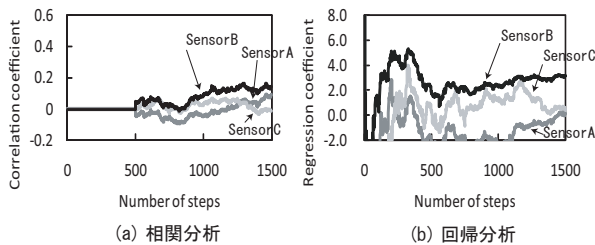


Fig.4 パターン C

Fig. 2, 3, 4 の (a) は、縦軸は相関係数、横軸はステップ数であり、点灯光度 30% においては照明 8 番直下のセンサ B は他のセンサと比べ相関係数 0.4 と高く、位置関係の特定が行える。一方、点灯光度 20, 10% においては全てのセンサとの相関係数が安定していない。そのため、相関係数によりセンサの位置関係の判別が行えない。

Fig. 2, 3, 4 の (b) は、縦軸は回帰係数、横軸はステップ数であり、点灯光度 30% においてはセンサとの距離に対応した回帰係数が取得できており、照明 8 番と各センサとの位置関係を判別することができる。一方、点灯光度 20% においても回帰分析では、ステップ数を増やすことにより直下のセンサを判別することができるが、他のセンサに対しては回帰係数が安定していなかった。さらに、点灯光度 10% では回帰係数は安定せず、知的照明システムでは用いることができないと考えられる。

以上の結果より、知的照明システムでは相関分析、回帰分析を用いた際、点灯光度が 20% 以下になると影響度が学習できないと考えられる。さらに、低光度時にはかなりのサンプル数や、ステップ数が必要となり、知的照明システムでは照度センサの移動などに対応することが困難であると考えられる。

4 影響度学習

4.1 実験概要

前述した欠点を克服するため、ここでは照度センサの移動に対応した、新たな影響度の学習方法として影響度

学習を提案する。影響度学習とは、照度センサの移動が発生すると、各照明が同期をとりながら順に一定の光度を変化させることにより、各照度センサに対しどの照明の影響が強いかを測定する学習方法である。この影響度学習で得られた影響度を、ステップ数が十分となるまで用いることにより、短時間でより柔軟なユーザの要求を満たすことが可能となる。

Fig. 1 の実験環境を用いて、センサ B について影響度学習を行った結果を示す。なお、今回の実験では 3 章と同様に、照明 8 番の点灯光度を 30, 20, 10% とし、他の照明の点灯光度を 100% とした。また、各照明の光度変化幅を照明 8 番の点灯光度の 10% とした。

4.2 実験結果

影響度学習の実験結果を Fig. 5 に示す。

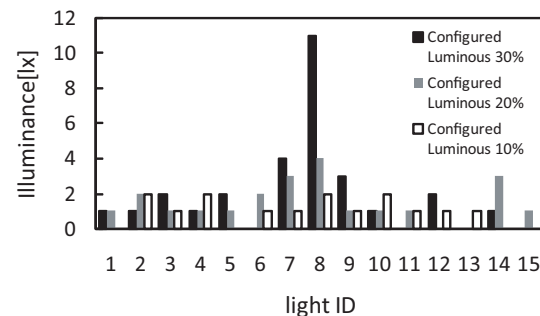


Fig.5 設定光度の違いによる影響度学習

Fig. 5 は、縦軸は照度変化量、横軸は照明 ID であり、設定光度 30% では上位 3 灯の影響度が正しく学習できている。しかし、設定光度 20% では、センサに近い照明よりも照明 14 番の影響が強いとされている。さらに、設定光度 10% では、照明の影響とセンサのノイズが混同してしまい、センサの近くの照明が判別できなくなっている。これらは、照明の光度変化があまりにも微小であり、通常の照度センサでは測定できなかったためである。

以上の結果より、知的照明システムにおける影響度学習は、設定光度 30% 以上で行うことにより正しく影響度の学習が行えるものと考えられる。

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, pp.399-410, 2007
- 2) 木村 等 大藪 和雄 石川 浩, 統計学入門, 実教出版株式会社, pp.51, 東京 (1982)
- 3) 神崎 可也 中川 哲男, プラクティカル統計学, 開成出版株式会社, pp.185, 東京 (1993)
- 4) 三木 光範 戸松 祐太 廣安 知之, 異なる環境における人への影響度を考慮した知的照明システムの提案, 人工知能学会全国大会論文集, Vol.23nd, Page1G1-4, 2009