

# 知的照明システムにおける照明器具に搭載可能な制御装置の開発 および照度収束性の検証

笠原 佳浩

Yoshihiro KASAHARA

## 1 はじめに

我々は、オフィス環境においてワーカの知的生産性向上と省エネルギー化を目的とした知的照明システムの研究を行っている<sup>1)</sup>。現在、我々は複数のオフィスビルに知的照明システムのプロトタイプシステムを導入し、実用化に向けた実証実験を行っている<sup>2, 3)</sup>。

知的照明システムは自律分散型のアルゴリズムを用いているため、システム構成として分散制御型のシステムおよび集中制御型のシステムの双方の構成をとることが可能である。これらのシステム構成は、異なった特徴を有しているため、知的照明システム導入オフィスによって適切な構成は異なる。しかしながら、自律的に動作を行う照度センサおよび照明器具に搭載可能な制御装置の開発コストが大きいことから、分散制御型知的照明システムはこれまで構築してこなかった。

そこで、本研究では各機器の試作を行い、分散制御型知的照明システムを構築する。

## 2 知的照明システム

### 2.1 知的照明システムの概要

知的照明システムは、制御装置、照明器具、照度センサ、および電力センサをネットワークで接続することにより構成されている。制御装置は、照度センサからの照度情報、および電力センサからの消費電力情報に基づいて、焼きなまし法を照明制御用に改良した適応的近傍アルゴリズム (Adaptive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient: ANA/RC) に従い照明を制御する<sup>4, 5)</sup>。

### 2.2 実オフィスにおけるシステム構成上の課題

我々は、実オフィスにおいても知的照明システムの有効性を確認している<sup>2, 3)</sup>。しかしながら、自律的に動作を行う照度センサおよび照明器具に搭載可能な制御装置の開発コストが大きいことから、分散制御型知的照明システムはこれまで構築してこなかった。実証実験で用いられている知的照明システムは、1 台の制御装置ですべての照明を制御する集中制御型のシステムである。知的照明システムは自律分散型のアルゴリズムを用いているため、システム構成として、各照明器具に搭載された制御装置がそれぞれの照明器具を制御する分散制御型シ

ステムであるが、1 台の制御装置の中に複数のスレッドを立ち上げ制御を行うことで集中制御型システムとすることも可能である。これらのシステム構成は、それぞれ異なった特徴を有しているため、知的照明システム導入オフィスによって適切な構成は異なる。

そこで、本研究では分散制御型知的照明システムを実現するため、自律的に動作を行う照度センサおよび照明器具に搭載可能な制御装置の試作を行うとともに、試作した制御装置を用いて分散制御型知的照明システムを構築する。

## 3 分散制御型知的照明システム

本研究にて構築する分散制御型知的照明システムの構成を Fig.1 に示す。

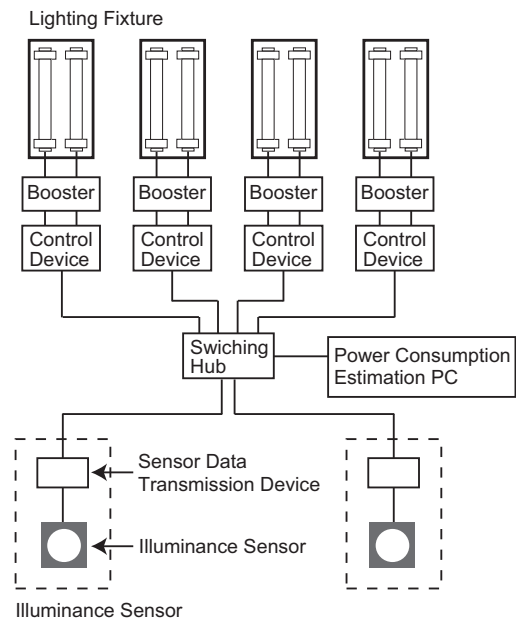


Fig. 1 構築システムの構成

Fig.1 に示した通り、構築システムのハードウェア構成は、パナソニック社製蛍光灯照明器具（昼白色蛍光灯 2 管）が 4 台、デルタオーム社製照度センサが 2 台、制御装置が 4 台、センサデータ通信装置が 2 台、および消費電力量推定用 PC が 1 台である。制御装置は、センサデータ通信装置からの照度情報および消費電力推定用 PC からの電力情報を基に、自律分散アルゴリズムに従い照明の光度を制御する。また、消費電力量推定のた

め、消費電力推定用 PC へ現在の光度情報を送信する。センサデータ通信装置は、照度センサで計測された照度値を A/D 変換し、すべての制御装置へ照度情報、目標照度情報を送信する。構築システムでは、制御装置およびセンサデータ通信装置としてルネサスエレクトロニクス社製 16bit マイクロプロセッサ (H8/3069F) を使用する。照明の光度は PWM 方式に基づいて制御するが、H8/3069F の出力電圧が 5 V であるに対し、照明の入力電圧が 10 V であるため、昇圧回路を介して照明を調光する。消費電力推定用 PC は、制御装置から受信した照明の光度の合計値を基に消費電力量を計算し、すべての制御装置へ送信している。なお、照明の光度の合計値と消費電力量の関係は予備実験により確認した。

#### 4 構築システムにおける動作実験

構築システムの動作を検証するため、照明器具を 4 台、および照度センサを 2 台用いて動作実験を行う。実験環境を Fig.2 に示す。

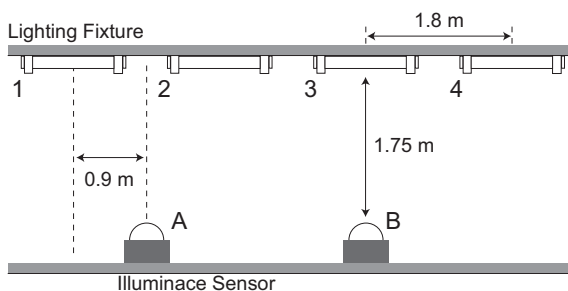


Fig. 2 実験環境

本実験では、照度センサ A, B の目標照度をそれぞれ 450, 550 lx と設定した。また、約 360 秒後に照度センサ A の目標照度を 700 lx に変更した。これらの目標照度は、オフィスビルにて実証実験を行う中で、オフィスワークの選択する傾向が高かったものである<sup>3)</sup>。実験結果を Fig.3 に示す。

Fig.3-(A) より、制御開始から約 100 秒後における各照度センサの実現照度は、目標照度である 450 lx および 550 lx から  $\pm 50$  lx 以内となっている。オフィス環境において、人間が認知できる照度差は 50 lx 程度であること<sup>6)</sup> から、各照度センサに関して目標照度が満たされていると考えられる。また、制御開始から約 360 秒後に照度センサ A の目標照度を 700 lx 変化させた際にも、約 20 秒で照度センサ A の実現照度が目標照度へ収束している。一方、照度センサ B の実現照度は目標照度である 550 lx から  $\pm 50$  lx 以内で安定している。このことより、構築した分散制御型知的照明システムにおいても、各照度センサに個別の照度が実現できている。

Fig.3-(B) より、各照明の光度に関して、制御開始から約 100 秒で必要な光度へと変化している。知的照明システムでは、各照明が各照度センサに及ぼす影響を学習

することで、効率的な制御をおこなっている。制御開始から約 50 秒後から急激に光度が変化しているのは、この影響度学習が正しく行われたためである。約 100 秒から照度センサ A の目標照度を変更する約 360 秒までの間に、照明 2 および 3 の光度が照明 1 および 4 の光度と比較して、高くなっている。照明 3 は、最も照度センサ B に距離が近いので、光度が高くなったと考えられる。また、照明 2 は、照明 1 と比較して照度センサ A からの距離では等距離であるが、照度センサ B から距離が近いので、光度が高くなったと考えられる。照度センサ A の目標照度を変更した約 360 秒から 500 秒までの間に、照明 1 および 2 の光度が高くなることで、変更された照度センサ A の照度を満たしている。その中でも、照明 2 の光度が高いのは、照度センサ B の照度も同時に満たすことができるためである。

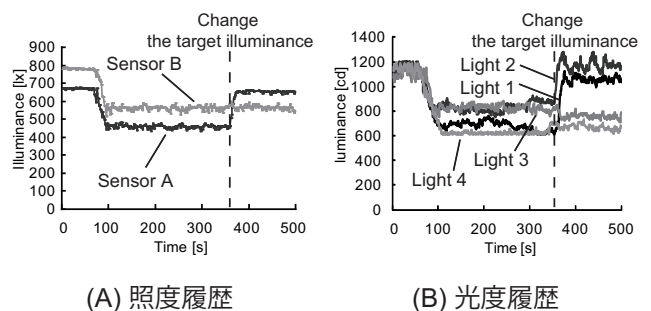


Fig. 3 実験結果

以上より、分散制御型知的照明システムの構築が可能となり、知的照明システム導入オフィスの規模に応じて適切なシステム構成を取ることが可能となった。

#### 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) 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, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J94-D, pp.637-645, 2011
- 3) 小野景子, 三木光範, 吉見真聡, 西本龍生, 近江哲也, 足立宏, 秋田雅俊, 笠原佳浩, LED 照明を用いた知的照明システムの実オフィスへの導入, 電気学会論文誌, Vol.131, No.5, pp.321-327, 2011
- 4) S.Tanaka, M.Miki, T.Hiroyasu, M.Yoshikata, An Evolutional Optimization Algorithm to Provide Individual Illuminance in Workplaces, Proc IEEE Int Conf Syst Man Cybern, Vol.2, pp.941-947, 2009
- 5) 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化アルゴリズム, 電気学会論文誌, Vol.130, No.5, pp.750-757, 2010
- 6) 鹿倉智明, 森川宏之, 中村芳樹, オフィス照明環境における明るさの変動知覚に関する研究, 照明学会誌, Vol.85 No.5, pp.346-351, 2001