

電力センサを用いた知的照明実験システム

善 裕樹

1 はじめに

本研究室では、照明システムを知的化した次世代照明システムとして、知的照明システムの開発を行っている¹⁾。知的照明システムとは、それぞれの照明が独立して明るさを調節することでユーザが要求する照度を提供し、知的生産性の向上や消費電力量の削減を実現するシステムである。

現在の知的照明システムでは各照明の光度値の和を電力の指標として制御を行っている。しかし、実オフィスにおける実証実験により、蛍光灯などでは光度値の和と電力値が線形でない場合があることが確認されている。そこで、本研究では電力センサを用いた知的照明実験システムを構築した。

本稿では、電力センサを用いた知的照明実験システムの有用性について検証する。

2 知的照明システムとは

2.1 概要

知的照明システムは複数の知的照明機器と複数の移動可能な照度センサ及び電力計を1つのネットワークに接続することで構成される。知的照明機器とは、調光可能な照明とその明るさを制御する照明制御装置からなる。

2.2 従来の知的照明システムの制御

知的照明システムは、照明の光度を設計変数とし、各照明が式 (1) に示す目的関数 f_i を持つ²⁾。照度センサに設定された照度を満たし、かつ電力量が最小になるように照明の光度を自律的に求める。

$$f_i = P + \omega \sum_{j=1}^n g_{ij} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \dots \quad (1)$$

$$P = \sum_{i=1}^m L_i \quad (2)$$

$$g_i = \begin{cases} 0 & (I_{c_j} - I_{t_j}) \geq 0 \\ (I_{c_j} - I_{t_j})^2 & (I_{c_j} - I_{t_j}) < 0 \end{cases} \quad (3)$$

ω : 重み, n : 照度センサの数, m : 照明の数

L : 現在の光度, I_c : 現在の照度, I_t : 目標照度

f_i は電力量 P と現在の照度 I_c と目標照度 I_t の照度差である g_i からなる。電力 P には各照明の光度値 Cd の和を用いる。これは、光度と電力に比例関係が成り立つためである。 g_i は現在照度が目標照度を下回っている場合に加算されて増光し、現在照度が目標照度を上回っている場合には、電力量のみを加算する。なお、この g_i には重み ω を乗算するが、 ω の値により電力の最小化を優先するか、目標照度を満足することを優先するかを決定する。

3 電力センサを用いた知的照明実験システム

3.1 概要

現在の知的照明システムは前述の通り、消費電力量を各照明の光度値の和により算出している。しかし、実オフィスにおける検証実験により、光度値の和と電力値が線形でない場合があることが確認されている。

そこで、本研究では知的照明システムに電力センサを取り付け、照明に供給されている電力量を計測して目的関数に与える知的照明実験システムの構築を行った。

3.2 構築システム

構築した知的照明実験システムは、SHARP 製昼光色 LED 照明、制御装置、電力センサ、および A/D コンバータにより構成する。電力センサからのアナログ出力は BNC ケーブルを通して A/D コンバータで A/D 変換され、コンピュータに入力されている。Fig.1 に電力センサを用いた知的照明実験システムの構成を示す。

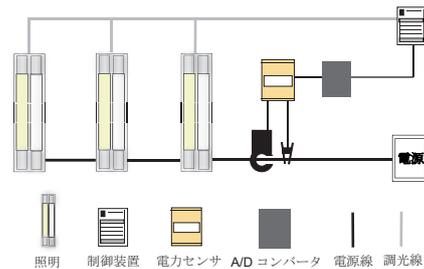


Fig.1 電力センサを用いた知的照明実験システム

3.3 電力センサ

電力センサにはユー・アール・ディー社の汎用電力トランスデューサを用いた。汎用電力トランスデューサは本体とクランプ式交流電流センサから構成されており、照明の電源電圧と電流センサによる電流値から電力値を算出する。Fig.2 に電力センサの接続図を示す。

なお、出力電圧は 0 ~ 5 V であり、測定電力の計算は式 (4) を用いて算出する。

$$P = \frac{V_{out}}{5} EI \quad (4)$$

P : 測定電力, V_{out} : 出力電圧, E : 定格電圧 (100 V or 200 V), I : 本体表面パネル設定電流

4 検証実験

4.1 電力センサの有効性の検証

設置した電力センサの電力値が有効であるかを調べるために検証実験を行った。本実験では昼光色 LED 照明 1 灯、テスト 1 台、電力計 1 台を使用した。方法は以下の通りである。

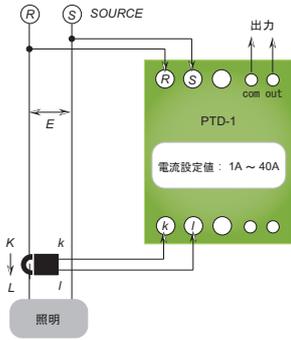


Fig.2 電力センサ接続図

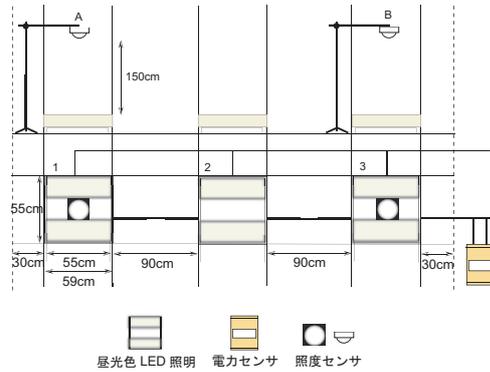


Fig.4 実験環境

- step1: 電力センサの設置部分と同じ場所に電力計を取り付ける
 - step2: 電力センサの出力部分にテストを取り付ける
 - step3: 照明を点灯させ、光度信号値を 0 から 255 まで 10 刻みで変化させる
 - step4: テスタの出力電圧と電力計の出力を比較する
- 以上の方法による実験結果を Fig.3 に示す

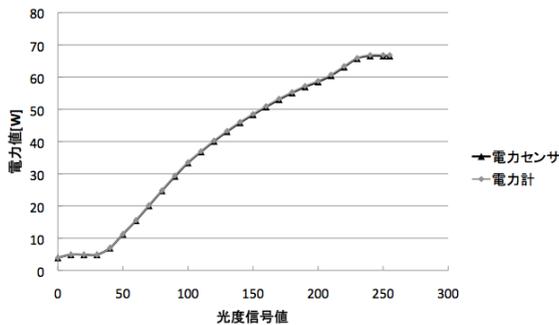


Fig.3 検証実験結果

Fig.3 は左の縦軸は出力電圧, 右の縦軸は電力値, 横軸が光度信号値を表す. 電力センサによる電力値と電力計による電力値はほぼ等しいことが確認でき, 電力センサの出力値の有効性を示した.

4.2 システムの有効性の検証

電力センサの検証実験の結果, 構築したシステムの動作状況を確認するために照度収束実験を行い, 電力センサを用いた知的照明実験システムの有用性について検証する.

実験環境を Fig.4 に示す. 実験では, 昼光色 LED 照明 3 灯, 照度センサ 2 台, 電力センサ 1 台を使用し, 制御アルゴリズムは確率的山登り法 (Stochastic Hill Climbing:SHC) を用いた. 照度センサの位置はそれぞれ照明から 1.5 m の高さに設置し, 照度センサ 1, 照度センサ 2 の目標照度をそれぞれ, 600 lx, 200 lx に設定した. Fig.5 に照度の変化を, Fig.6 に各照明の光度値の変化を示す.

Fig.5, Fig.6 の結果から, 300 ステップ程度で照度は収束し, 照度センサ A の下にある照明 1 の光度値が高く, 照度センサ B の下にある照明 2 の光度値が低いことが分かる.

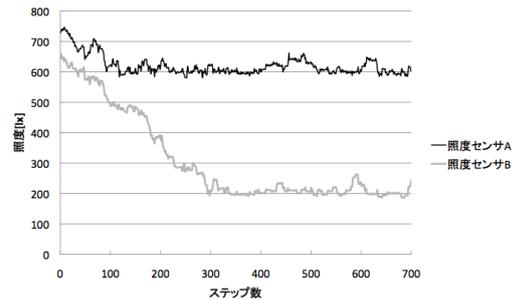


Fig.5 照度の変化

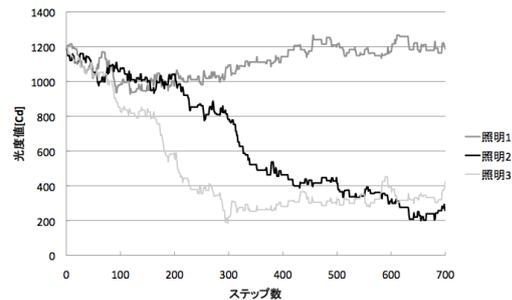


Fig.6 光度値の変化

以上の結果により, 電力センサを用いての知的照明実験システムの有用性を確認することができた.

5 今後の展望

本研究において, 電力センサを用いた知的照明実験システムを構築し, 光度値の和でなく実測の電力値を目的関数に与えることが可能となった. また, 電力センサを用いての照度収束も可能であることが確認できた.

今後は電力センサによる電力値と光度値の和による電力値を比較検討し, 実験室に電力センサを導入して収束実験を行い, 電力センサを用いた知的照明実験システムの有効性について検討すべきであると考えられる.

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) 三木光範ら, 知的照明システムの提案および制御方式の有効性の検証 (システム最適化), 日本機械学会第 14 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No.04-38, pp.55-58(2004)