

知的照明システムにおける照度センサの位置推定を用いた消費電力の削減*

三木 光範[†] 吉井 拓郎^{††} 小野 景子^{†††} 東 陽平^{††}

An Intelligent Lighting System Saving Power Consumption by Estimating Illuminance Sensor Positions*

Mitsunori MIKI[†], Takuro YOSHII^{††}, Keiko ONO^{†††}, and Yohei AZUMA^{††}

あらまし 我々は個々の場所に個々の明るさを省電力で提供できる知的照明システムの研究を行っている。個別照度環境を省電力で実現するため、各照明と各照度センサとの距離関係を表す影響度が必要である。また、その影響度を動的に把握することで、このシステムは照度センサの移動（ユーザの移動）に対応できる。一方、照度センサの移動を考慮しない場合、照度センサ（ユーザ）への影響度が低い照明を消灯できる。その結果、更なる省電力が図れる。しかしながら、照明の消灯（省電力性の向上）と照度センサの移動は両立することはできない。この問題を解決するため、本研究では点灯している照明を用いて照度センサの位置を推定する新たな制御アルゴリズムを提案する。これにより、照度センサの移動に対応でき、かつ照度センサへの影響が少ない照明を消灯することができる。オフィス環境を模擬した環境下で実験を行い、ユーザが要求する照度を更に省電力で実現することができることを示した。

キーワード 照明, 知的照明システム, 位置推定, 省エネルギー

1. ま え が き

執務に最適な照度を個人ごとに提供することがオフィス環境改善の観点から有効であり、ワークの生産性が向上すると報告されている [1]~[3]。オフィスにおいて、個人ごとに照度を提供できる照明システムとしては、タスクアンビエント照明が有効であるが [4]、日本ではオフィスにおいてタスクアンビエント照明は用いられていない。その理由は、均一の明るさを提供する天井照明が一般的に設置されており、またオフィスの多くがタスクアンビエント照明を追加するコストを好まないからである。このため、天井照明を用いて、

各オフィスワークに最適な明るさを提供する照明制御システムが必要である。

このような背景から、筆者らは、天井照明だけを用いて任意の場所にユーザの要求する明るさ（要求照度）を提供する知的照明システムを提案している [5], [6]。知的照明システムでは、ユーザが 1 人 1 台、照度センサを保持し、各ユーザが机上面に設置された自身の照度センサに要求照度を設定することで、その照度を外光などリアルタイムに変化する影響を含め実現し、かつ電力が最小となる点灯パターンを最適化手法を用いて実現することができる。また、知的照明システムではユーザの移動や座席位置の変更といった環境の動的な変化（照度センサの移動）に対応するため、各照明と各照度センサとの距離関係を表す動的な影響度が重要となる。このため、各照明を消灯することは考慮されていない。

これまで知的照明システムは我々の研究室において、その有効性を検証してきた [7]。現在、筆者らは知的照明システムの実用化に向け、東京や福岡のいくつかのオフィスにおいて、実環境における検証実験を進め

^{††} 同志社大学大学院工学研究科, 京田辺市
Major School of Engineering, Doshisha University, 1-3
Tataramiyakodani, Kyotanabe-shi, 610-0394 Japan

[†] 同志社大学理工学部, 京田辺市
Department of Science and Engineering, Doshisha University, Kyotanabe-shi, 610-0394 Japan

^{†††} 龍谷大学理工学部, 大津市
Department of Electronics and Informatics, Ryukoku University, Otsu-shi, 520-2194 Japan

* 本論文はシステム開発論文である。

ている [8]。この実証実験により、導入先のオフィスではほとんどが固定席であるため、ユーザが他の席へ移動するような状況はほとんど見られなかった。このような環境下では、更に省エネルギー性を高めるため、明るさを必要としない場所の照明を消灯する照明制御アルゴリズムを導入している。一方、ノンテリトリアルオフィスのように、ユーザの移動や座席位置の変更が容易であるオフィスも多数存在する。そのようなオフィスでは、照度センサの移動に対応するため、照明を消灯することは困難である。すなわち、知的照明システムでは照明の消灯（省電力性の向上）と照度センサの移動は両立することはできない。

そこで、本研究では移動後における照度センサの位置を推定する新たな照明制御アルゴリズムを提案する。現在、カメラ画像を用いた位置の推定や、スマートフォンや IC タグ等のデバイスを用いた位置の推定等、様々な方法で位置を推定することが可能である。しかしながら、本提案システムである照明制御システムにおいて必要である照度センサのみを用い、位置推定を行う。これにより、追加コストなしに位置を推定することができ、コスト面において大きなメリットがある。

これにより、ユーザの移動や座席位置の変更に対応でき、ユーザへの影響が少ない照明を消灯することができる。本論文では、提案システムを構築し、実オフィスを模擬した環境下において動作実験を行い、その有効性を示す。

2. 知的照明システム

2.1 知的照明システムの構成

知的照明システムは、照明器具、照明制御装置、移動可能な照度センサ、及び電力計を一つのネットワークに接続することで構成される。各照明の明るさ（光度）を変化させることによってユーザの要求する照度を提供し、かつ省電力な状況を実現するシステムである。各照明器具には学習判断をする制御装置が備えられているため、自律的に動作することが可能である。図 1 に知的照明システムの構成を示す。

学習判断を行う各照明制御装置は、他の照明制御装置からの情報を得ることなく、照度センサから得られる照度情報、及び電力計から得られる電力情報に基づき、自身の動作に対する有効性を検証する。その後、知的照明システム全体で照度の制約条件を満たしつつ、消費電力の最小化を行う。

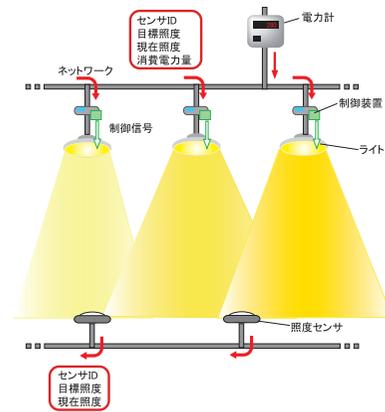


図 1 知的照明システムの構成

Fig. 1 Configuration of intelligent lighting system.

2.2 回帰分析を用いた照明制御アルゴリズム

知的照明システムでは、照明制御アルゴリズムの違いによって、要求照度への収束速度や、精度は大きく異なる。知的照明システムにおける制御は、Simulated Annealing (SA) 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) [9] を用いる。

ANA/RC では、設計変数を各照明の光度とし、照度を要求照度以上にするという照度制約のもと、消費電力を最小にする。制御の流れを以下に示す。

- (1) 初期光度で点灯する
- (2) 現在光度における照度情報（要求照度，現在照度）及び消費電力を取得する
- (3) 現在光度における目的関数値を計算する
- (4) 次光度を生成し，次光度で点灯する
- (5) 次光度における照度情報及び消費電力を取得する
- (6) 各照度センサは照度情報を，電力計は消費電力を，各照明は光度情報をネットワークに送信する
- (7) 各照明は項目 (6) の情報を取得し，次光度における目的関数の評価を行う
- (8) 各照明の光度と各照度センサの照度値をもとに回帰分析を行い，それらの回帰係数（影響度）を推定する
- (9) 目的関数の評価値が改良された場合は次光度を受理し，そうでない場合は元の光度に戻す
- (10) 最小点灯光度が続き，かつ影響度が低い照明を消灯する（ユーザが移動しない状況下のみ適応可能）
- (11) 項目 (2) から項目 (10) を光度値の 1 回の

探索とし、繰り返す

以上の項目(2)から項目(10)を探索の1ステップ(約2秒)とし、この処理を繰り返すことによって照明が各照度センサに与える影響度を動的に把握し、最小の消費電力で要求照度を実現する。また、項目(8)で求める影響度を用いて、評価及び次光度の生成を行うことで、素早く最適な光度へと変化することができる。

次に、本アルゴリズムに用いる目的関数について説明する。知的照明システムの目的は各ユーザの要求する照度を実現し、消費電力を最小にすることである。このため、各照明制御装置は自身の光度を最適化する最適化問題として捉える。そこで、各照明制御装置は自身の光度を設計変数とし、ユーザの要求照度という制約条件のもと、消費電力を最小化する最適化問題を解く。そのための目的関数を式(1)のように設定する。

$$f = P + w \sum_{i=1}^n g_i \quad (1)$$

$$g_i = \begin{cases} (It_i - Ic_i)^2 & I_* \leq |It_i - Ic_i| \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

P : 消費電力, w : 重み, Ic : 現在照度, It : 目標照度, n : ユーザ数, I_* : 照度差に関するしきい値

目的関数は消費電力 P と照度制約 g_j からなる。また、重み w を変化させることで電力と照度の優先度を変化させることができる。照度制約は現在照度と要求照度の差をあるしきい値以内とすることから式(2)のように与える。照度差に関するしきい値 I_* は、最小知覚変動比[10]をもとに現在照度が要求照度の+6%から-8%の範囲内となるように設定する。現在照度から次に出現する照明光が現在照度の+6%から-8%の範囲であれば、その変動を知覚できないという研究報告から、この範囲に設定した。

なお、各要求照度地点が近い場合、各要求照度を実現することは物理的に不可能である。本制御アルゴリズムではそのような場合、各要求照度の中間値を取るような制御を行う。例えば、要求照度が500lxと300lxの照度センサが密接に存在している場合、それらの照度センサ付近の照度は400lx程度を推移する。

3. オフィスにおける検証実験

2009年4月より、東京都内及び福岡のいくつかのオフィスにおいて、知的照明システムの実証実験を行っている[8]。

知的照明システムではユーザの移動や座席位置の変更に対応するため、ユーザへの影響が少ない照明においても、低い光度で点灯し続ける必要がある。しかし、導入先のオフィスでは、ほとんどが固定席であり、ユーザの移動はあまり見られなかった。そこで、更に省エネルギー性を高めるため、明るさを必要としない場所の照明を消灯する制御(2.2に示す項目(10))を各オフィスに導入している。

一方、個人の専用デスクをなくしたノンテリトリアルオフィスを採用する企業も多数存在している。ノンテリトリアルオフィスではユーザの座席位置が自由であり、ユーザの移動が容易である。このような環境に照明を消灯する制御(2.2に示す項目(10))を導入すると、消灯している照明は各照度センサとの影響度が算出できなくなる。すなわち、ユーザの移動に対応できなくなり、各照明を最適に制御することができない。

この課題はユーザが移動するたびに、ユーザがシステムに移動したことを通知し、消灯している照明を全て点灯する。その後、各照明と各照度センサとの影響度を算出することで解決できる。しかし、オフィスにおいてユーザが移動するたびに、消灯している照明を全て点灯する手法は、他のオフィスワーカーへ不快感を与える可能性がある。また、ユーザ自らシステムに移動したことを通知する手間も生じる。

そこで、システムが自動的にユーザの移動を検知し、かつ移動後におけるユーザへの影響度が高い照明のみ点灯する新たな照明制御アルゴリズムを提案する。

4. 照度センサの位置推定に基づく照明制御アルゴリズム

4.1 提案手法の基本原則

照明が消灯している状況下において、照度センサの移動に対応できる新たな照明制御アルゴリズムを提案する。本研究では、点灯している照明の光度と移動後における照度センサの照度値をもとに回帰分析を行い、その影響度をもとに位置を推定する。その後、推定した位置に近い照明を検知する。そして、検知した照明が消灯している場合、その照明を点灯することで影響度を算出することができる。これにより、ユーザの移動に対応でき、かつオフィスワーカーに与える影響を最小限とすることができる。また、ユーザ自ら移動したことをシステムに通知する必要もない。

この提案手法を実現するため、消灯制御(2.2に示

す項目 (10)) を含んだ従来の知的照明システムの照明制御アルゴリズムに以下の制御を加える。

- (1) 照度センサが移動したことを検知する
- (2) 点灯している照明と移動した照度センサとの回帰係数を求める
- (3) 項目 (2) の回帰係数から、点灯している照明と移動した照度センサとの直線距離を推定する
- (4) 推定された各直線距離をもとに、移動した照度センサの位置座標を推定する
- (5) 各照明の位置座標と推定された照度センサの位置座標をもとに、移動した照度センサから近い照明が消灯している場合、その照明を点灯する

照度センサの移動検知には、照度変化量をもとに判断を行う。本照明制御システムでは、最小知覚変動比をもとに光度を変化させている。このため、前ステップ時と現ステップ時の照度を比較し、大きく変化した場合に照度センサが移動したと判断する。なお、本提案手法では照度センサが移動したと判断するために用いた照度変化量を、経験則をもとに 100 lx と設定した。また、これまでの知的照明システムとは異なり、移動後における照度センサの位置を各照明との直線距離から推定するため、各照明の位置座標を必要とする。更に、各照明と移動した照度センサとの直線距離から、移動後における照度センサの位置座標を推定する。このため、提案手法では照度センサ 1 台につき、影響度が高い照明を 3 灯以上、消灯しない条件を設ける。なお、移動後における照度センサの位置座標を推定した後、点灯する照明数は要求照度をもとに 3 灯以上とする。

上記に示す手法をもとに、ユーザへの影響が少ない照明を消灯することができ、かつユーザの移動や座席位置の変更にも対応することができる。

4.2 回帰係数に基づく直線距離の推定

点灯している照明と移動後における照度センサとの直線距離の推定には、回帰分析を用いる。回帰分析は説明変数 x を変化させると観測値 y がどのように変化するかという因果関係を説明する回帰式を導出する手法であり、式 (3) のように示すことができる。

$$I = \sum_{i=1}^n r_i \times L_i + \beta \quad (3)$$

I : 照度, r : 回帰係数,
 L : 光度, β : 定数項, n : 照明数

知的照明システムでは照明の光度を説明変数 L と

し、照度センサの照度を観測値 I として回帰分析を行い、回帰係数 r を算出する。そして、その回帰式を説明する回帰係数 r が各照明と照度センサの影響度となる。この回帰係数 r をもとに、照明と照度センサの直線距離を推定する。なお、定数項 β はこれらの照明以外からの影響値であるため、無視しても問題ない。

また、光度 L と照度 I の関係は、式 (4) で表すことができ [11]、照度 I は光源からの直線距離 d の二乗に反比例している。更に、光源からの直線距離 d と式 (3) に示す回帰係数 r との関係は式 (5) となる。

$$I = \frac{L}{d^2} \quad (4)$$

$$\Leftrightarrow d^2 = \frac{L}{I} = \frac{1}{r}$$

$$\Leftrightarrow d = \frac{1}{\sqrt{r}} \quad (5)$$

r : 回帰係数, I : 照度,
 L : 光度, d : 光源からの直線距離

上記に示す式 (5) から、知的照明システムにおける回帰係数 r は、光源からの直線距離 d (照明と照度センサとの直線距離) を推定した値であることが分かる。

そこで、各照明と各照度センサとの直線距離、及び回帰係数との関係を確認するため、実験を行った。実験環境は Panasonic 社製昼白色蛍光灯 (FHP45EN) 15 灯、及び照度センサ 4 台を図 2 のように設置した。

60 ステップ分の照度及び光度データを用いて、各照明と各照度センサとの回帰係数を算出した。各照明と各照度センサとの直線距離、及びその回帰係数を図 3 に示す。なお、図 3 内に示す点は、各照明と各照度センサとの回帰係数の実測値である。

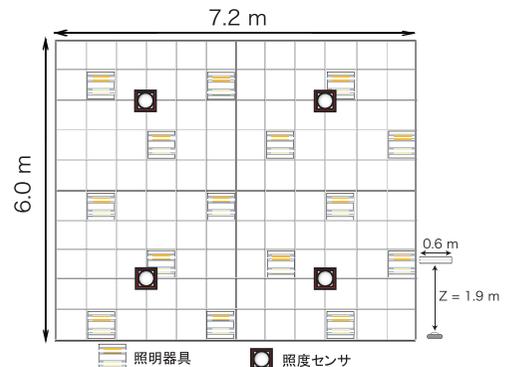


図 2 回帰係数取得のための実験環境
Fig. 2 Experimental environment to obtain regression coefficients.

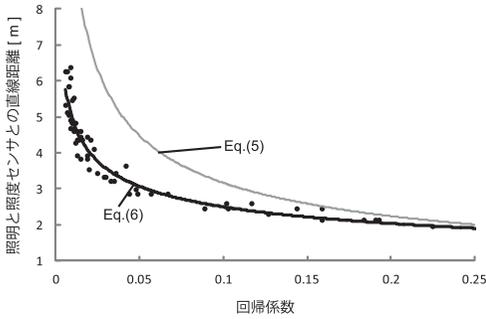


図 3 回帰係数と直線距離の関係
Fig. 3 Relation between the regression coefficient and distance.

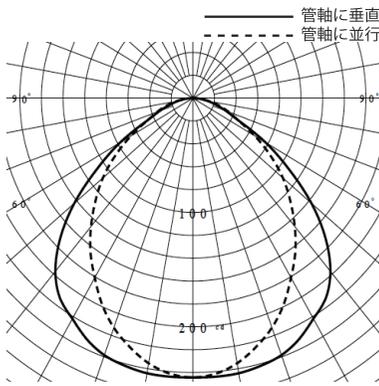


図 4 配光曲線 (FHP45EN)
Fig. 4 Luminous intensity distribution curve. (FHP45EN)

図 3 の結果から、得られた回帰係数と式 (5) との誤差を比較を行った。その結果、照明と照度センサとの直線距離が短ければ誤差が少なく、長くなれば誤差が大きくなることが分かった。この原因として、式 (4) は照明器具の放射特性が考慮されていない点が挙げられる。この実験で用いる Panasonic 社製蛍光灯 (FHP45EN) の配光曲線を図 4 に示す。

図 4 から、照明器具と被照射面との角度が大きいくほど被照射面の照度が減衰する。このため、図 3 に示す実験結果では、照明と照度センサとの直線距離が長くなるほど、角度が大きくなり、得られた回帰係数は式 (5) よりも低く算出されることが分かる。そのため、照明の放射特性を考慮したモデル式が必要である。

本提案手法では、実験により得られた図 3 の回帰係数をもとに、最小二乗法を用いて、回帰係数から直線距離を推定する数理モデルを導出した。導出した数理モデルを式 (6) に示す。

$$d = 1.8044 \times r^{-3.221} \quad (6)$$

r : 回帰係数, d : 照明と照度センサとの直線距離

本実験では、照明器具の放射特性を考慮するため、式 (6) を用いた。これにより、回帰係数から直線距離を推定する際、推定誤差を小さくすることができる。

4.3 照度センサの位置の推定

前節で述べた手法をもとに、点灯している照明と移動後における照度センサとの直線距離を推定することができる。

推定された距離をもとに、以下に示す式 (7) を用いて移動後における照度センサの位置の推定を行う。

$$d_i = \sqrt{(X - x_i)^2 + (Y - y_i)^2 + (Z - z_i)^2} \quad (7)$$

d_i : 点灯している照明と照度センサとの直線距離,
 X, Y, Z : 移動後における照度センサの位置座標,
 x_i, y_i, z_i : 点灯している照明の位置座標,
 i : 点灯している照明数

ここで、未知数が移動後における照度センサの位置座標 (X, Y, Z) であることから、三つ以上の方程式を立てることで解が一意に求まる。しかし、消灯している照明は各照度センサとの回帰係数が算出できないため、直線距離の推定は不可能である。よって、照度センサ 1 台につき、影響度が高い照明を 3 灯は消灯しない条件を設けることで、移動後における照度センサの位置座標を推定することができる。なお、ある照明からの照度が同じである場所は存在するが、その照明の回帰係数 (直線距離) と他の点灯している照明との回帰係数 (直線距離) から照度センサの位置を推定するため、照度センサの推定位置を 1 箇所決定することができる。

上記に示す手法をもとに、移動後における照度センサの位置を推定し、その近くの照明を点灯する。これにより、移動後における照度センサ付近の消灯していた照明は、回帰係数の算出が可能となる。

5. 動作実験

5.1 動作実験の概要

本実験環境は、提案手法を用いた照度センサの位置推定及び適切な位置の照明の点灯を示すため、ユーザ数を少なめに想定し実験を行う。実験環境は照明 15 灯、及びユーザ数 3 名 (照度センサ 3 台) とし図 5 に示すように設置する。そして、照明の光度変化を 1 ステップ 2 秒とし、動作実験を 30 分間 (900 ステップ) 行った。なお、本実験では図 5 に示すように、照度センサと天井の高さを 1.9m で固定した。このため、実

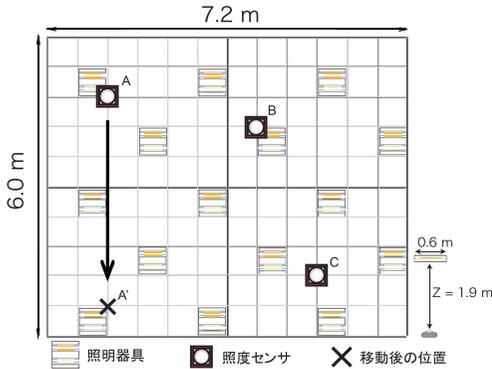


図 5 実験環境
Fig. 5 Experimental environment.

際には二次元平面上の位置推定を行っている。

そして、照度センサ A, B, 及び C とし、各要求照度を 300, 400, 及び 500 lx とした。照明は最小点灯光度 (30%) から最大点灯光度 (100%) の間で調光可能な Panasonic 社製昼白色蛍光灯 (FHP45EN) を使用する。また、動作実験では照度値が要求照度の +6% から -8% の範囲である際に、要求照度を実現できると定義した [10]。

動作実験では、従来の知的照明システムとの性能比較、及び省エネルギー性に関する検証を行うため、以下の 2 パターンを行った。

- 従来の照明制御アルゴリズムをもとに動作実験を行う (従来手法)
- 提案手法を加えた制御アルゴリズムをもとに動作実験を行う (提案手法)

動作実験では 250 ステップ後、照度センサ A を図 5 に示す位置に移動する。照度センサ A の移動には 1 ステップを要した。なお、提案手法を用いて照度センサの移動を検知した際、60 ステップ分の照度及び光度データを用いて移動後における照度センサの位置を推定する。本提案手法では重回帰分析を行い回帰係数を算出するため、少なくとも照明台数以上のデータ数 (15 ステップ以上) が必要である。しかしながら、データ数が多いほど、より正確な回帰係数を算出できるため、本実験では、経験則をもとに 60 ステップ分のデータを用いた。

5.2 実験結果及び考察

従来手法及び提案手法をもとに、各照度センサに要求照度を実現できていることを確認する。従来手法による照度履歴を図 6 に示し、提案手法における照度履

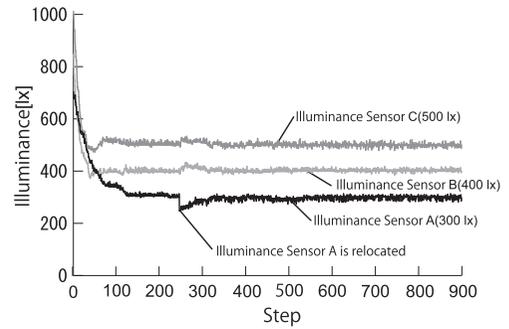


図 6 照度履歴 (従来手法)
Fig. 6 History of the illuminance data. (conventional method)

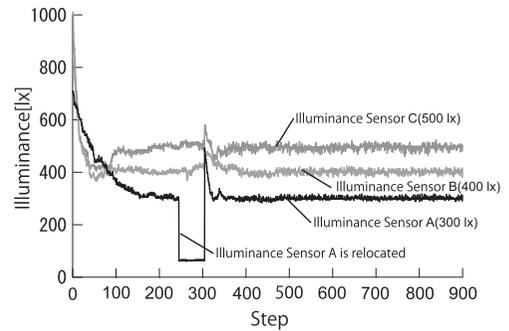


図 7 照度履歴 (提案手法)
Fig. 7 History of the illuminance data. (proposed method)

歴を図 7 に示す。

図 6, 及び図 7 の結果から、どちらの手法を用いた場合でも、各照度センサの要求照度を実現できていることが分かる。また、図 7 に示す提案手法では、250 ステップ時に照度センサ A の照度が急激に低下するが、これは消灯した照明下に照度センサ A を移動させたからである。

次に、各照明の点灯状況から省エネルギー性を検証するため、照度センサが移動する前 (200 ステップ時) における各照明の点灯状況を図 8 に示す。

図 8 (a) に示す各照明の点灯状況から、従来手法では各照度センサ付近の照明は光度が高く、各照度センサから離れている照明は低い光度で点灯している。これは省エネルギーな点灯状況であるが、照度センサの移動に対応するため、影響度が低い照明においても、低い光度で点灯し続ける必要がある。一方、図 8 (b) に示す各照明の点灯状況から、提案手法では各照度センサ付近の照明は光度が高く、各照度センサから離れ

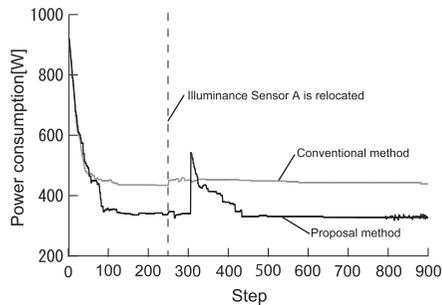


図 11 各手法における消費電力履歴
Fig. 11 Historical power consumption by two methods.

更に削減できることが分かった。

6. むすび

2009年より、福岡や東京都内のいくつかのオフィスにおいて知的照明システムの実証実験を行っている。導入先のオフィスでは、ほとんどが固定席であり、ユーザが移動しないといた条件のもとに影響度が低い照明を消灯するアルゴリズムを導入した。しかしながら、ノンテリトリアルオフィスのようなユーザの移動が容易であるオフィスでは、照明を消灯してしまうと、各照明と各照度センサの影響度が動的に算出できなくなり、照度センサの移動には対応できない。すなわち、照明の消灯(省電力性の向上)と照度センサの移動は両立することはできなかった。

そこで、ユーザの移動にも対応し、かつ照明を消灯する新たな照明制御アルゴリズムの提案を行った。提案手法の有効性について検討するため、照明15灯、及びユーザ数3名を想定して、実オフィスを模擬した環境で動作実験を行った。

本提案手法におけるユーザ数、及び照明数の増加に関して、一般的なオフィス環境程度のユーザ数及び照明数であれば対応することが可能である。また、照明が3灯以上点灯していれば、照度センサの位置推定が可能であり、ユーザが複数名、同時に移動した場合においても対応が可能である。

また、本実験に用いたステップ数では、1分以上要求照度が満たされない状況が続き、ユーザに不快感を与えるおそれがある。更に、照度が急激に低下したステップ時において、ユーザが消灯している照明下に照度センサを移動させたことが原因である。そして、照度が急激に上昇したステップ時では、照度センサの上

部にある照明が点灯したことによる影響である。これらの結果から、移動時における照度は満たされず、照度が急激に変化する可能性があるが、これは移動時のみの照度変化であり、長期的に稼動するに当たり問題はないと考えている。

この実験により、提案システムが従来の知的照明システムと同等の性能を有し、かつ消費電力が削減できることが分かった。

文 献

- [1] P. Boyce, N. Eklund, and N. Simpson, "Individual lighting control task performance, mood, and illuminance," *J. Illuminating Engineering Society*, pp.131-142, Jan. 2000.
- [2] 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," *ヒューマンインタフェースシンポジウム 2006*, vol.1, no.1322, pp.151-156, Sept. 2006.
- [3] 西原直枝, 田辺新一, "中程度の高温環境下における知的生産性に関する被験者実験," *日本建築学会環境系論文集*, no.568, pp.33-39, June 2003.
- [4] K. Yamakawa, K. Watabe, M. Inamura, and H. Takeda, "A study on the practical use of a task and ambient lighting system in an office," *Proc. JLVE*, vol.24, pp.15-18, Nov. 2000.
- [5] M. Miki, T. Hiroyasu, and K. Imazato, "Proposal for an intelligent lighting system, and verification of control method effectiveness," *Proc. CIS*, vol.1, pp.520-525, Dec. 2004.
- [6] Y. Kasahara, M. Miki, and M. Yoshimi, "Preliminary evaluation of the intelligent lighting system with distributed control modules," *Proc. ISDA2011*, pp.283-288, Nov. 2011.
- [7] M. Miki, Y. Kasahara, T. Hiroyasu, and M. Yoshimi, "Construction of illuminance distribution measurement system and evaluation of illuminance convergence in intelligent lighting system," *Proc. IEEE Sensors*, pp.2431-2434, Nov. 2010.
- [8] S. Inoue, Mitsubishi Estate Company Ltd., "Towards the city of the future," http://www.jetro.org/documents/green_innov/Shigeru_Inoue_Presentation.pdf, March 2012.
- [9] S. Tanaka, M. Miki, T. Hiroyasu, and M. Yoshikata, "An evolutionary optimization algorithm to provide individual illuminance in workplaces," *Proc. IEEE SMC*, pp.941-947, Oct. 2009.
- [10] 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," *J. Illum. Engng. Inst. Jpn.*, vol.85, no.5, pp.346-351, May 2001.
- [11] 社団法人照明学会, *照明ハンドブック*, オーム社, 2003.
(平成 24 年 3 月 27 日受付, 5 月 18 日再受付)



三木 光範 (正員)

1978 大阪市立大学大学院工学研究科博士課程了, 工博. 大阪市立工業研究所研究員, 金沢工業大学助教授を経て 1987 大阪府立大学工学部航空宇宙工学科助教授, 1994 同志社大学工学部教授. 進化的計算手法とその並列化, 及び知的なシステムの設計に関する研究に従事. 著書は「工学問題を解決する適応化・知能化・最適化法」(技法堂出版)等多数. IEEE, 米国航空宇宙学会, 情報処理学会, 人工知能学会, システム制御情報学会, 日本機械学会, 計算工学会, 日本航空宇宙学会等各会員. 超並列計算研究会代表. 文部科学省学術フロンティア研究プロジェクトリーダー. 知的オフィス環境コンソーシアム会長.



吉井 拓郎

2011 同志社大・工・インテリジェント情報工学卒. 同年, 同大学院工学研究科修士課程入学. 知的システムにおける新たな制御アルゴリズムの研究に従事. 情報処理学会会員.



小野 景子

2003 同志社大学大学院工学研究科修士課程了. 2007 博士課程了. 2009 同志社大学研究開発推進機構省エネルギー照明システム研究センター特定任用研究員(助教). 2010 龍谷大学理工学部電子情報学科助教. 並列処理, 最適設計, 進化計算等の研究に従事. 博士(工学). 情報処理学会, 進化計算学会, 建築学会各会員.



東 陽平

2012 同志社大・工・インテリジェント情報工学卒. 同年, 同大学院工学研究科修士課程入学. 知的システムにおける新たな制御アルゴリズムの研究に従事.