

## 6ZF-7 外光照度分布を基に個別照度を実現する分散制御型照明システムの構築

秋田 雅俊<sup>†</sup> 三木 光範<sup>††</sup> 廣安 知之<sup>‡</sup> 吉見 真聡<sup>††</sup>

<sup>†</sup>同志社大学大学院 <sup>††</sup>同志社大学理工学部 <sup>‡</sup>同志社大学生命医科学部

### 1 はじめに

近年、オフィス環境におけるオフィスワークの知的生産性、創造性、および快適性の向上に注目が集まっている [1]、我々はオフィスの照明環境の改善を目的として、各オフィスワークに個別の照度を提供できる知的照明システムの研究を行っている [2]。知的照明システムは任意の場所に任意の明るさを提供することで、ワークの知的生産性の向上や消費電力量の削減を実現する。知的照明システムでは各ワークが照度センサに目標となる照度を入力して机上に設置するだけで、制御装置が自動的に照明の明るさを最適化する。

現在、知的照明システムの実用化にあたって、実際のオフィスへシステムの導入を行っている [3]。その結果、システムの有効性が明らかになったが、作業スペースの都合で机上面に照度センサを正しく設置できない状況が存在することが分かった。また、従来のシステムでは多数の照度センサが必要となるため、コストが増大する。そのため本研究では、使用する照度センサの台数を減らす新たな制御手法を提案する。

### 2 実環境での知的照明システムの現状

知的照明システムは、各ユーザが設定する目標照度と照度センサが取得した現在照度の値を基に最適な点灯パターンを探索する。そのため、ユーザが作業を行う机上面に正しく照度センサを設置する必要がある。しかし、実際に導入を行ったところ、作業面に照度センサを設置する余裕がない場合が存在した。また、現状のシステムではワークの人数分の照度センサが必要となる。本システムに適した小型で無線通信が可能な照度センサは現時点では高価であり、その台数を減らしたいという要求も存在する。

### 3 最小限の照度センサを用いて個別照度を実現する知的照明システム

#### 3.1 システムの概要

提案システムでは、各ワークの作業面に照度センサを設置するのではなく、室内の照度センサが設置可能

な場所で、かつその位置が既知である場所に最小限の照度センサを設置し、その値を基にシミュレーション上で最適な点灯パターンを探索する。

本システムの構成を図 1 に示す。本システムは照明と照度センサ、および制御装置で構成される。

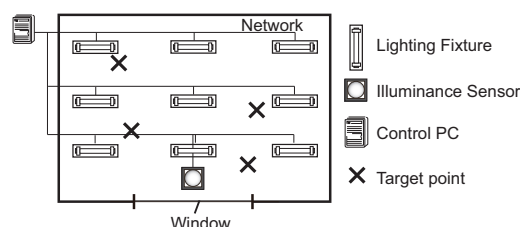


図 1: システムの構成

#### 3.2 システムの制御

本システムでは、照度センサが取得する照度を基に室内の外光照度分布を推定し、最適な点灯パターンを決定する。以下に、本システムの制御の流れを示す。

1. ワークの位置情報および目標照度の読み込み
2. 指定された点灯パターンで点灯
3. 照度センサから照度データを取得
4. 照度データから外光による照度分布の推定
5. 照明の点灯状況から照明による照度分布の推定
6. シミュレーション上で最適な点灯パターンを算出
7. 上記 2 から 6 を繰り返す

本システムの目的は各ユーザの希望する照度を実現し、消費電力を最小にすることである。このため、上記 6 において、各照明の光度を設計変数とし、ユーザの目標照度という制約条件の下、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。

$$f = P + \sum_{j=1}^n (Lc_j - Lt_j)^2 \quad (1)$$

P: 消費電力, n: ユーザの数, Lc: 照度, Lt: 目標照度

目的関数は消費電力量  $P$  と照度差からなる。消費電力量は、それと比例関係にある照明の光度を基に推定する。

上記 4 の外光による照度分布の推定手法、および上記 5 の照明による照度分布の推定手法について次節で述べる。

A New Intelligent Lighting System that Provides Individual Illuminance with a Small Number of Illuminance Sensors

<sup>†</sup> Masatoshi AKITA (makita@mikilab.doshisha.ac.jp)

<sup>††</sup> Mitsunori MIKI (mmiki@mail.doshisha.ac.jp)

<sup>‡</sup> Tomoyuki HIROYASU (tomo@is.doshisha.ac.jp)

<sup>††</sup> Masato YOSHIMI (myoshimi@mail.doshisha.ac.jp)

Doshisha University (††)

### 3.3 照明による照度分布の推定

照明による照度の計算手法についてはこれまで逐点法や光束法，モンテカルロ法を用いた照度計算 [5] など様々な手法が研究されている。ただし，これらは照明器具の光束，保守率，配光曲線や部屋の壁の反射率など様々なパラメータを設定する必要がある。

そこで，本システムでは照度を要求する箇所（照度希望地点）を固定することで，簡易な手法による精度の高いシミュレーションを実現する。まず，各照明が100%点灯した際に特定の場所に及ぼす照度値を実測し，その照度データをデータベースに保持する。照度を求める際は，データベースの値と各照明の点灯比率を基に，照度の影響度を計算し，全体として与える照度を推定する。

### 3.4 外光による照度分布の推定

外光照度を推定する手法は既に提案されている [4]。しかし，これらの手法は窓の透過率，保守率，太陽の方向など多くのパラメータを必要とし，さらに空の雲量やブラインドの角度などを検知する必要がある。

そこで，本システムでは外光照度のサンプルデータから部屋での外光照度をモデル化する。そのため，室内に多数の照度センサを設置し，1日の照度推移データを取得する。その値を基に，部屋全体の外光照度の分布を推定する。モデル化には最小二乗近似を用いて行う。

## 4 提案システムの有効性の検証

### 4.1 実験概要

構築したシステムの動作実験を行い，提案システムが外光の変化に対応し，照度希望地点において要求照度を安定して実現できているかを検証する。照度センサを1台用いてワーカー3名を想定し，照度希望地点A，B，Cを図2に示すように配置する。目標照度はそれぞれ600 lx，800 lx，700 lxとする。

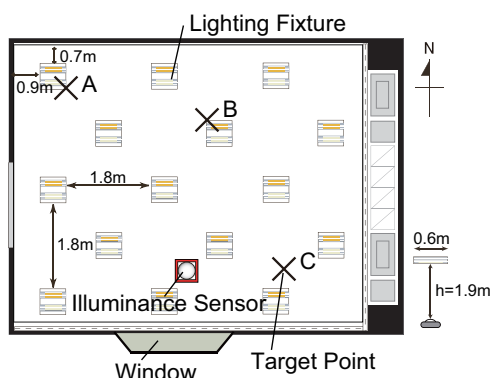


図2: 実験環境

晴れの日12時00分から14時30分まで150分間動作実験を行う。照度データは毎秒取得し，3分ごと

に照明を消灯することで外光照度の計測を行う。なお，本実験では人間の目で感知できない程度である50 lxを目標照度を実現できているかの判断基準に用いた。

### 4.2 実験結果

得られた照度履歴を図3に，外光照度履歴を図4にそれぞれ示す。

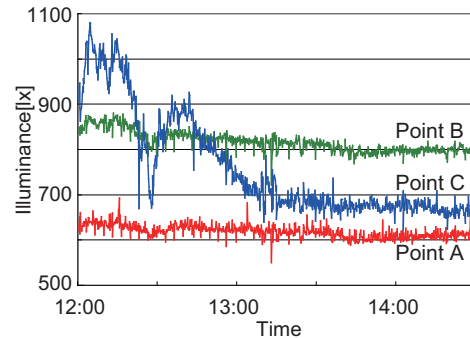


図3: 照度履歴

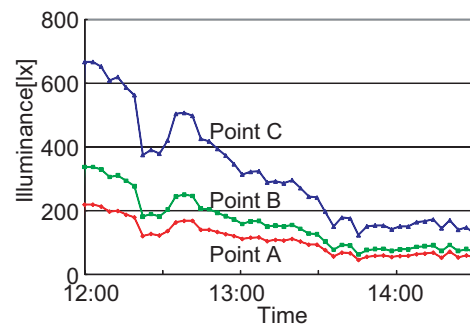


図4: 外光照度履歴

図3より，13時以降では全ての照度希望地点において実現照度が目標照度の上下50 lx以内の範囲にあることが分かる。13時以前に関しては，図4のように地点Cでは外光が大きく影響しているため，地点Cの付近の照明が最小点灯光度で点灯している。そのため，13時以前に地点Cで目標照度を実現することは物理的に不可能である。

以上の結果より，提案システムを用いることで最小限の照度センサで従来の知的照明システムと同等の効果を発揮することができた。これにより，実オフィスにおいてワーカーのデスクへの照度センサ配置が不要となり，知的照明システムを容易に低コストで導入することができると考えられる。

### 参考文献

- [1] 「クリエイティブ・オフィス推進運動実行委員会」の開催について <http://www.meti.go.jp/press/20070615008/20070615008.html>
- [2] 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，Vol. 22，No. 3，pp. 399～410，2007
- [3] 照度・色温度可変型照明制御「知的照明システム」の実証実験を開始 <http://www.mec.co.jp/j/news/pdf/mec090331.pdf>
- [4] 菊池卓郎，井川憲男．All Sky Model-Lを導入した昼光照明計算プログラムの性能検証．日本建築学会環境系論文集 No.629，pp.865-871，2008．
- [5] 大谷義彦，大川守，内田暁，山家哲雄．モンテカルロ法を用いた照度計算の検討について．照明学会誌 82-2，pp.105-111，1998<sup>7</sup>．