

A-006

## 可視光通信による知的照明システムの照度収束の改善 Improvement in Convergence of Illuminance in Intelligent Lighting System using Visible Light Communication

三木 光範\*      伊藤 博高†      廣安 知之‡      吉見 真聡\*  
Mitsunori Miki      Hirotaka Ito      Tomoyuki Hiroyasu      Masato Yoshimi

### 1. はじめに

近年、オフィスにおいて、オフィスワークの快適性および知的生産性の向上に注目が集まっている。一方で、人間の生活における照明環境に関する研究が進み、照明環境の改善が知的生産性の向上に繋がると報告されている [1]。このような背景から、著者らは各照明をユーザの好みに合わせて照明の制御を行う知的照明システムを提案した。

著者らは、知的照明システムにおいて必要な明るさ(照度)を提供する1つの手法として、回帰係数を用いた適応的近傍アルゴリズム(Adaptive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient: ANA/RC)を提案し、その有効性を示した [2]。ANA/RCでは照明自身の明るさ(光度)の変化量および照度の変化量を用いて回帰分析を行い、位置関係を推定しており、約2分で目標照度に収束する。しかし、目標照度を現在照度より、かなり大きくした場合には、2分という収束速度は遅く、この高速化が重要な場合も存在する。

そこで本研究では、知的照明システムに可視光通信を用いて照明と照度センサの位置を特定し、速やかに目標照度を満たす、回帰係数および可視光通信を用いた適応的近傍アルゴリズム(ANA/RC with Visible Light Communication: ANA/RC/VLC)を提案し、その有効性について検証を行う。

### 2. 可視光通信を用いた知的照明システム

#### 2.1 システムの概要

知的照明システムとは、ユーザが要求した照度を満たし、かつ消費電力を最小化するシステムであり、目的関数を最小化することにより実現する。目的関数は式(1)に示す。式(1)は消費電力量と各照度センサに設定した目標照度の実現度の和であり、設計変数を照明の光度とする $f$ を最小化する最小化問題である。本研究では、知的照明システムに調光可能な蛍光灯とは別にLEDを用いた可視光通信装置を試作して可視光通信を行う。

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

$$g_j = \begin{cases} R_j(Lc_j - Lt_j)^2 & 0.06Lc_j \leq (Lc_j - Lt_j) \\ 0 & 0 \leq (Lc_j - Lt_j) < 0.06Lc_j \\ R_j(Lc_j - Lt_j)^2 & (Lc_j - Lt_j) < 0 \end{cases}$$

$$R_j = \begin{cases} r_j & r_j \geq \text{Threshold} \\ 0 & r_j < \text{Threshold} \end{cases}$$

$n$ : 照度センサの数,  $w$ : 重み

$P$ : 消費電力,  $Lc$ : 現在の照度,  $Lt$ : 目標照度

$r$ : 回帰係数,  $\text{Threshold}$ : 閾値

\*同志社大学理工学部

†同志社大学大学院

‡同志社大学生命医科学部

#### 2.2 試作可視光通信装置

試作した可視光通信装置の送信機を図1(a)、受信機を図1(b)に示す。送信機にはPICマイコンおよびLEDを用い、LEDを1[ms]程度の速度で点滅させることによりデータを送信する。データの符号化方式としては4値パルス位置変調を用いて行う。また、受信機にはPanasonic電工製NaPiCa照度センサを用いた。NaPiCa照度センサは照度に応じて電流が流れ、電圧値の取得が可能となる。NaPiCa照度センサを用いてLEDの点滅に対して、信号値1, 0を受信し、この信号を復調することにより、照明IDの取得を行う。



(a) 送信機

(b) 受信機

図1: 試作可視光通信装置

#### 2.3 ANA/RC/VLC

ANA/RC/VLCでは、IDの取得の有無により、各々の照明と照度センサの位置関係を瞬時に把握することができるため、従来のシステムに比べ、速やかに照度を高くすることが可能であると考えられる。以下にアルゴリズムの詳細を述べる。

1. 初期光度や目標照度などの初期パラメータを設定し、各照明を初期光度で点灯させる。
2. 各照度センサのセンサ情報(センサID, 現在照度, および目標照度)を取得する。
3. 現在照度が目標照度の収束範囲以上、もしくは照明IDの取得ができなかった場合、回帰係数を用いて次光度を生成する。具体的にはANA/RCと同様に、式(1)を用いた目的関数の計算、回帰係数を用いた次光度の生成および受理判定までの処理を行う [2]。
4. 現在照度が目標照度の収束範囲未満であり、照明IDを取得できた場合、現在光度に最大点灯光度の一定割合を加算して次光度を生成し、その光度で点灯させる。そして、次のステップにおいて、光度の変化量および照度の変化量から目標照度を満たすのに必要な光度を計算し、その光度で点灯する。なお、本研究においては一定割合を20[%]とした。

(2) ~ (4) の処理を繰り返すことにより、目標照度を満たし、消費電力の最小化を行い、短時間での照度収束を行う。

### 3. 検証実験

#### 3.1 実験概要

可視光通信を用いた知的照明システムの有効性を検証するために、以下に示す各条件に対して ANA/RC および提案手法の比較実験を行う。また、可視光通信装置を各蛍光灯照明の半径 1.2[m] 内にある照度センサと通信ができるように設置した。実験環境は図 2 に示す幅 6.0[m]、奥行き 7.2[m]、高さ 2.7[m] の部屋を用いた。

条件 1：照度センサの位置固定

図 2 に示す位置に照度センサを配置し、照度の収束を行う。なお、各照度センサにおける目標照度はセンサ A が 550[lx]、センサ B が 750[lx]、センサ C が 650[lx] とする。

条件 2：照度センサの位置移動

センサ B を目標照度に収束させた後、場所 a へ移動させて、照度の収束を行う。なお、センサ B の初期位置および目標照度は、条件 1 と同様とする。また、センサ B は照度が収束した 50 秒後に移動を開始し、移動から 4 秒後に目標地点に移動したもとする。

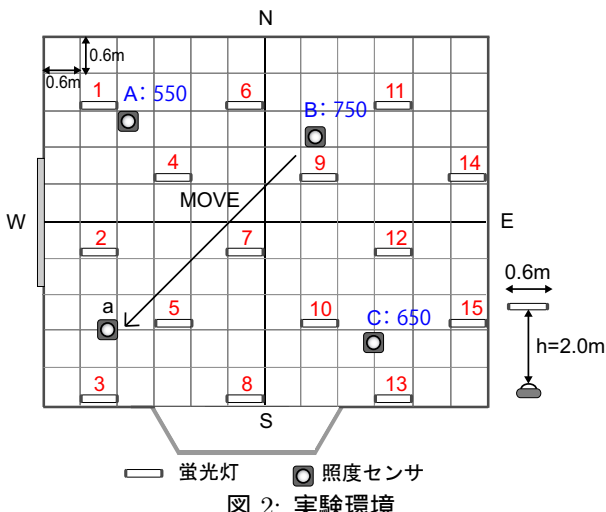


図 2: 実験環境

#### 3.2 実験結果および考察

条件 1 における ANA/RC を用いた際の各照度センサの照度の履歴を図 3、提案手法を用いた際の各照度センサの照度の履歴を図 4、および条件 2 における照度センサ B の照度の履歴を図 5 に示す。なお、図 3、図 4、および図 5 は横軸は時間、縦軸は照度センサの照度を示す。

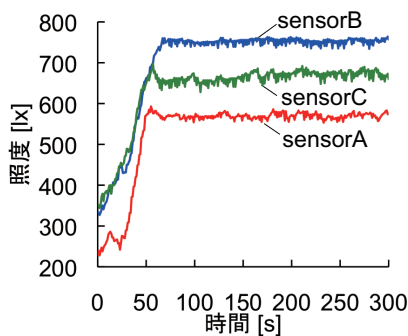


図 3: 条件 1 における ANA/RC の照度履歴

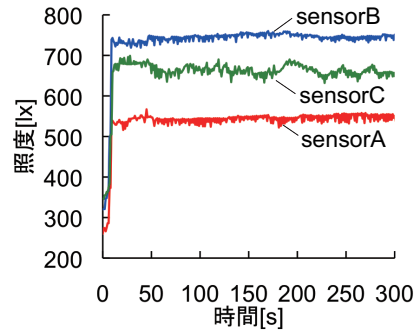


図 4: 条件 1 における提案手法の照度履歴

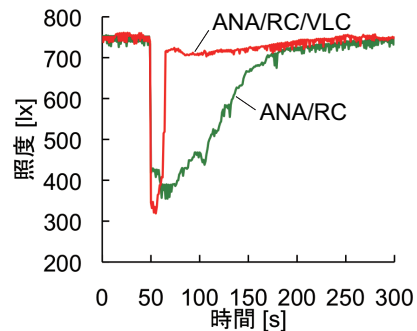


図 5: 条件 2 における sensor B の照度履歴

条件 1 における実験では、図 3 および図 4 より、ANA/RC は照度が少しずつ上がっているのに対して、提案手法では低照度の場所で目標照度を瞬時に満たしていることが確認できた。また、条件 2 における実験では、図 5 より、照度センサを移動させることにより照度は低くなるが、可視光通信により瞬時に位置関係を把握することが可能となったため、目標照度を短時間で満たしていることが確認できた。

### 4. まとめ

本研究により、可視光通信を用いて照明と照度センサの位置関係の特定をすることにより、低照度の場所においても瞬時に照度を高くすることが可能であることが分かった。そのため、知的照明システムのアルゴリズムにおいて有効な手法であると考えられる。

### 参考文献

- [1] 大林史明, 富田和宏:「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, No1322, pp151-156, 2006.
- [2] Shingo Tanaka, Mitsunori Miki, Tomoyuki Hiroyasu and Mitsuharu Yoshikata, "An Evolutional Optimization Algorithm to Provide Individual Illuminance in Workplaces", IEEE Int 1 Conf. on System, Man, Cybernetics (SMC 2009), pp.941-947, 2009.