

実執務環境における知的照明システムの構築 Construction of Intelligent Lighting System at actual workspace

吉形 允晴* 三木 光範† 廣安 知之‡ 田中 慎吾*
Mitsuharu Yoshikata Mitsunori MIKI Tomoyuki HIROYASU Shingo Tanaka

1. はじめに

一般的なオフィスでは照明および建築設計分野の観点から均一の照度分布および推奨照度を満たす照明設計が成されている。そのため、これまで照明制御を行い各個人が好む光環境を実現することがなかった。しかし、個人によって好む光環境は様々であり、快適な光環境を提供することで各個人の仕事の効率化が期待され、また照明制御による電力削減にも繋がると思われる。そこで我々は、任意の場所に任意の明るさを提供可能な知的照明システムの研究を行っている [1]。

これまで実験室環境においてシステムの有効性を検証してきたが、実執務環境においてユーザの好む照度や電力削減等の検証を行う必要がある。そこで実際に10名が執務を行う環境において知的照明システムの構築を行った。本報告では、構築したシステムについて述べ、その有効性について示す。

2. 知的照明システム

2.1 知的照明システムの概要

知的照明システムとは、コンピュータ制御を可能とする複数の照明機器と、照度センサ、および電力計を1つのネットワークに接続したものである。各照明は、取得する照度および電力情報を基に自律分散アルゴリズムを用い光度を変化させる。その際、各照明が他の照明と協調動作を行うことで、照度センサの設置場所において各々に設定された照度を提供する。その制御方法について次項にて示す。

2.2 システム制御の流れ

知的照明システムは、各照明の光度を設計変数とし、式1に示す目的関数の最小化を行う最適化問題である。知的照明システムは、各照明が図1に示す制御アルゴリズムに従い、約1秒に1回ランダムに光度を変化させる。式1において、 $g(i)$ は各照度センサの目標照度と現在照度との照度差、 n がセンサ数、 P が電力量をそれぞれ表す。このため照明の光度を変化させ、各照度センサが目標に近づくほど、また電力が小さくなることで、ユーザの望む光環境が提供される。また、重み w により電力と照度収束のどちらを優先するかを調節する。これにより各照明は、光度変化を行う前後における目的関数を比較し、改良される毎にその際の光度を受理する。

$$f = \sum_{i=1}^n g(i) + wP \quad (1)$$

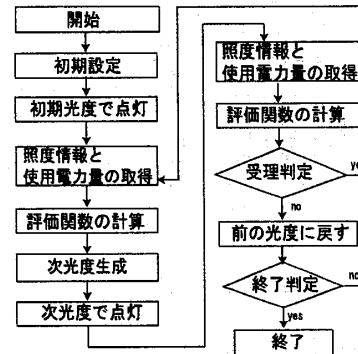


図1: 制御アルゴリズム

2.3 相関を用いた照度制御

構築システムにおいては、各照明が照度センサとの影響度に応じた光度変化を行う適応的近傍アルゴリズム (Adaptive Neighborhood Algorithm using Correlation Coefficient: ANA/CC)[1]を用いる。ANA/CCでは、各照明が光度変化を行った際に生じる照度変化量から、各照度センサとの相関を取得する。これより、照度センサと関係性の高い照明が優先的に増光し、また、どの照度センサとも関係が低いと判断された照明は減光する。このため消費電力の削減を踏まえた効率的な照度収束が可能となる。

3. 執務環境における知的照明システムの構築

3.1 システム概要

本システムは、10人が執務を行う環境に設置する。そのため、2行5列で並ぶ幅1.1mの机の周りにトラスを構築し、各机の真上に図2に示すよう照明10灯を設置した。また、1人に1台の照度センサを割り当て、ユーザが目標照度を設定するだけで照明の制御が行える環境を構築した。

3.2 システム構成

図3-(a)にシステムのネットワークを示す。各照明の制御には汎用PC1台を用い、2章で述べた自律分散アルゴリズムに基づき照明制御を行う。各照明の光度変化は、システム制御PCから調光信号発生器1台を介し、10台の照明にそれぞれ別の信号を送信し行う。また、照度情報は、各照度センサから出力されるアナログ信号を収集して、A/D変換器を介し、システム制御PCに取り込む。

*同志社大学大学院
†同志社大学理工学部
‡同志社大学生命医科部

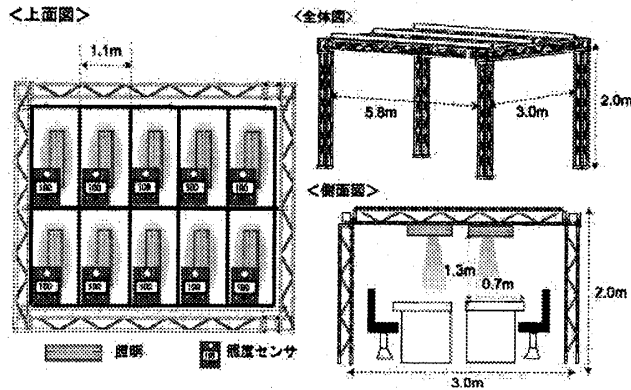


図 2: 構築概要図

3.3 各ユーザの目標照度の設定

各ユーザの目標照度の設定変更は、各ユーザの PC で行う。システム制御用 PC と各ユーザの PC を図 3-(a) に示すように接続した。システム制御 PC 側では、受信サーバを立ち上げ、各ユーザ PC で図 3-(b) に示すユーザインターフェースにおいて目標照度入力部に値を入力し、変更ボタンを押すことで目標照度の設定変更が可能である。

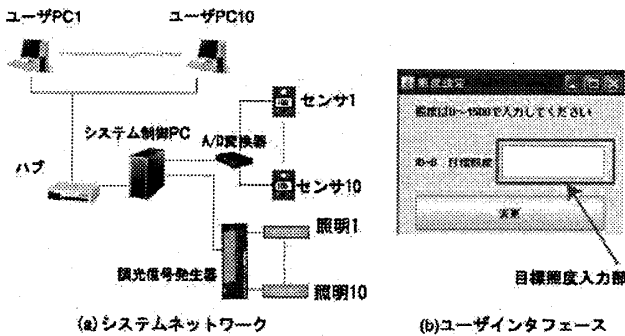


図 3: システム構成図

4. 動作実験によるシステム有効性の検証

4.1 実験概要

本実験では、構築システムの有効性を検証するため、各ユーザの目標照度設定に対して、各場所の照度収束状況を確認する。そのため、前述したシステム構築環境においてユーザが存在すると仮定して図 4 のように目標照度を設定した。ユーザに関しては、ユーザ およびが 800 lx に対して、400 lx と低い目標照度に設定し、目標照度差の実現範囲を検証する。また、電力削減の検証のため、ユーザ不在の場所を 2 箇所設け、その真上の照明の光度変化量を測定した。

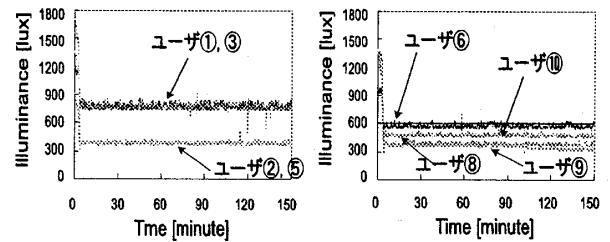
4.2 実験結果

図 5 に各照度センサから取得する照度履歴を示す。縦軸に照度、横軸に時間であり、図 4 の各目標照度をほぼ満たしていることが確認できた。このとき照度の実現範囲は最大で約 1700 lx、最小で 350 lx であり、全照度

ユーザ① 目標800 lx	ユーザ② 目標400 lx	ユーザ③ 目標800 lx	ユーザ④ 不在	ユーザ⑤ 目標400 lx
ユーザ⑥ 目標600 lx	ユーザ⑦ 不在	ユーザ⑧ 目標400 lx	ユーザ⑨ 目標300 lx	ユーザ⑩ 目標500 lx

図 4: 設定目標照度

センサにおいて目標照度の誤差は平均約± 50 lx 以内であった。また、左右に高照度で挟まれたユーザの照度センサの照度履歴より、370 lx まで照度差をつけることができた。



(a) ユーザ①～⑤

(b) ユーザ⑥～⑩

図 5: 照度履歴

また、ユーザが不在の場所における照明の光度履歴を図 6 に示す。縦軸光度、横軸に時間であり、比較のために、目標照度 800 lx および 500 lx のユーザの真上の照明の履歴も示す。これより各ユーザの目標照度に近い光度が高いことが確認できる。さらに、影響度の低いユーザ およびの照明は減光し低消費電力で維持していることがわかる。

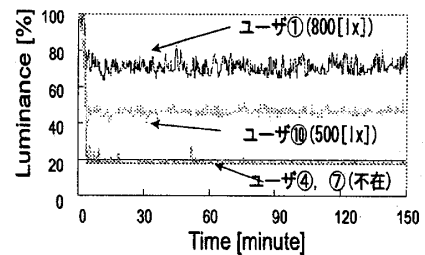


図 6: 光度履歴

以上より、構築システムにおいて各ユーザの要求に対する照度収束が可能であることが確認できた。今後は、本システムを用いた実業務環境において、システムの有用性の検証を行う。

参考文献

[1] Miki M, Hiroyasu T, Imazato K, Proposal for an Intelligent Lighting System and Verification of Control Method Effectiveness, Proc IEEE CIS, pp520- 525, 2004.