

Constructing of Intelligent Lighting System Controlled with Senuous Operations

Akiyuki NAKAMURA^{*}, Tomoyuki HIROYASU^{**}, Mitsunori MIKI^{***},
Masato YOSHIMI^{***} and Hisatake YOKOUCHI^{**}

(Received January 19, 2011)

It is very important to obtain desired environments for users when they increase their productivity in office or comfort in medical spaces. Here, in this paper, intelligent room where user can easily obtain the desired brightness by sensuous operations, such as ordering much brighter or slightly darker was developed. The developed system has lighting facilities which can control multiple lights individually and the system can learn the users' sensuous amounts of brightness. Thus, the system can adjust the desired environment automatically after the learning. In this paper, precise parts of the systems were explained. Through the experiments, the effectiveness of learning of users' sensory scale was discussed.

Key words : lighting system, sensory scale, learning

キーワード : 照明システム, 感覚尺度, 学習

感覚的操作が可能な照明システムの構築

中村 彰之・廣安 知之・三木 光範・吉見 真聡・横内 久猛

1. はじめに

オフィスにおける知的生産性や医療空間における快適性は、その空間における明るさと密接な関係がある¹⁾²⁾。そのため前述した空間では、同一空間内の複数のユーザが各々の求める照度を容易に得られることが必要とされる。本研究ではこの要求に対して、同一空

間に存在する複数のユーザ各々に任意の照度を提供でき、かつそれを「少し明るく」や「とても暗く」といった感覚的な操作によって制御できる照明システムの構築を目指している。この内、前者の機能に対しては既に研究されている知的照明システムの技術によっ

^{*} Graduate Student, Department of Knowledge Engineering and Computer Sciences, Doshisha University, Kyoto
Telephone:+81-774-65-6130, Fax:+81-774-65-6019, E-mail:anakamura@mikilab.doshisha.ac.jp

^{**} Department of Life and Medical Sciences, Doshisha University, Kyoto
Telephone:+81-774-65-6932, Fax:+81-774-65-6780, E-mail:thiroyas@mail.doshisha.ac.jp ,
hyokouch@mail.doshisha.ac.jp

^{***} Department of Knowledge Engineering and Computer Sciences, Doshisha University, Kyoto
Telephone:+81-774-65-6930, Fax:+81-774-65-6796, E-mail:mmiki@mail.doshisha.ac.jp ,
myoshimi@mikilab.doshisha.ac.jp

て実現可能である³⁾。本稿では、知的照明システムの前提条件である複数の照明を個別に制御できる照明設備の構築について述べる。またその動作確認のために、感覚的操作が可能な照明システムのプロトタイプを構築し、実環境での実験によりその有用性を検証する。

2. 感覚的操作が可能な照明システム

同一空間内の複数のユーザが各々の求める照度を容易に得られるように、本研究では複数のユーザ各々に任意の照度を提供でき、且つそれを「少し明るく」や「とても暗く」といった感覚的な操作によって制御できる照明システムの構築を目指す。このシステムの将来像を Fig.1 に示す。

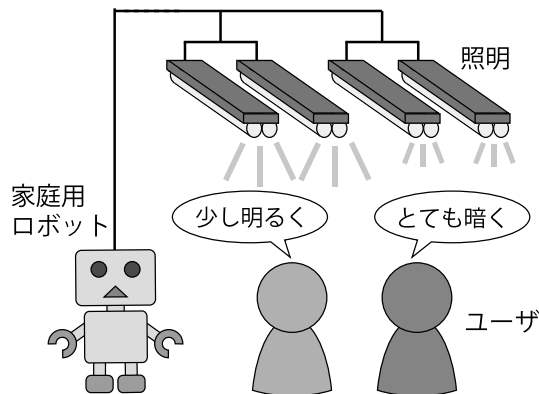


Fig. 1. 感覚的操作が可能な照明システムの将来像。

Fig.1 に示すように、本システムではユーザは音声によって「少し明るく」や「とても暗く」といった明るさにおける要求を伝える。その伝える対象として音声認識可能なコンピュータや将来的には家庭用ロボットなどを考えている。そして要求を受けたコンピュータもしくは家庭用ロボットは各ユーザにおける「少し」や「とても」がどの程度の変化量が必要としているかを算出し、同一空間に存在する複数のユーザに各々にとって最適な照度を提供する。本システムの要件を以下に記す。

● 照度制御

Fig.1 に示すように、本システムではオフィスや医療空間といった複数のユーザが存在する空間において、ユーザごとに最適な照度を提供することを目指す。本研究ではこの機能を実現するために、

既存研究として行われている知的照明システムの技術を利用する³⁾。

● 感覚尺度の学習

本システムではユーザが「少し明るく」や「とても暗く」といった感覚的な指示によって照度を操作できることを目指すが、「少し」や「とても」といった感覚尺度はユーザによって異なる⁴⁾。そのため、ユーザごとに感覚尺度を学習しなければならない。

本稿では、3章において前者の要件を満たす知的照明システムについて説明する。

3. 知的照明システム

知的照明システムとはオフィスにおける知的生産性を向上させることを目的とした、同一空間内の複数ユーザ各々に任意の照度を提供するシステムである³⁾。このシステムは光度を調節可能な照明、その制御装置、そして照度センサをネットワークで繋ぐことで実現される。知的照明システムのネットワーク概要を Fig.2 に示す。

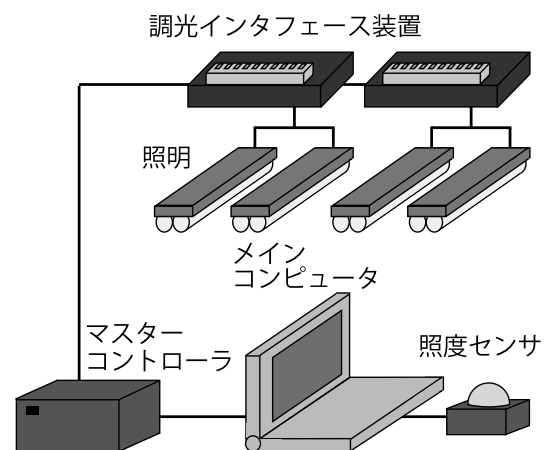


Fig. 2. 知的照明システムのネットワーク概要。

Fig.2 に示すように、一定数の照明ごとにその制御装置である調光インタフェース装置を割り当てることで複数の照明の個別制御が実現できる。全照明の設定光度値は、照度センサから得られる照度値を元にメインコンピュータによって算出される。そして算出された設定光度値はメインコンピュータからマスターコン

トローラを経由して調光インタフェース装置に伝えられる。

このように知的照明システムを実現する前提条件として、複数照明の個別制御を実現する照明設備が必要となる。4 章では、構築した照明設備について説明する。

4. 複数照明の個別制御を実現する照明設備

本章では、構築した複数照明の個別制御を実現する照明設備（照明，調光インタフェース装置，マスターコントローラ）について説明する。

4.1 照明

構築した照明設備を備えた実験室を Fig.3 に示す。



Fig. 3. 個別制御可能な照明を備えた実験室.

Fig.3 に示すように本実験室では照明を 2 灯 1 組でグリッド状に配置している。この 1 組は 2 種類の蛍光灯，電球色蛍光灯と白色蛍光灯によって構成されている。各蛍光灯の仕様を Table 1 に示す。

Table 1. 蛍光灯の仕様.

	電球色蛍光灯	白色蛍光灯
型番	FHF24SEL	FHF24SEW
色温度	3000 K	4000 K
光度	0, 272~1090 cd	
本数	24 本	24 本

このように本実験室は色温度の異なる 2 種類の蛍

光灯を計 48 灯備えており、これらの光度を個別に調節できるために多様な光環境を実現することが可能である。

4.2 調光インタフェース装置

本実験室に備えている調光インタフェース装置を Fig.4 に示す。



Fig. 4. 調光インタフェース装置.

本実験室では、Fig.4 に示した調光インタフェース装置が照明 1 灯 1 灯の光度を調節している。調光インタフェース装置は最大で 10 灯の照明を制御することが可能である。本実験室では 48 灯の照明を制御するために、5 台の調光インタフェース装置を設置している。

4.3 マスターコントローラ

本実験室に備えているマスターコントローラを Fig.5 に示す。



Fig. 5. マスターコントローラ.

Fig.5 のマスターコントローラは調光インタフェース装置とコンピュータを中継する役割を果たす。マスターコントローラと調光インタフェース装置間の通信規則を Table 2 に示す。

Table 2. マスターコントローラ・調光インタフェース装置間の通信規則。

インタフェース規格	EIA-485
最大接続数	24 台
通信方式	片方向通信 または コマンド/レスポンス方式
通信速度	38400bps
通信規格	同期方式：調歩同期式 スタートビット：1 ビット データビット：8 ビット パリティビット：無し ストップビット：1 ビット

マスターコントローラはコンピュータから 48 灯分の設定光度値を受け取り、Table 2 に示した通信規則に従って調光インタフェース装置に設定光度値を送信する。マスターコントローラとコンピュータ間の通信は IEEE 802.3 規格に則った TCP/IP 通信によって行われる。

5. 感覚尺度学習実験

構築した照明設備に対して既存の照度制御アルゴリズムと学習アルゴリズムを適応し³⁾⁵⁾、実験的な感覚的操作が可能な照明システムを構築した。本章では、この実験システムが人の感覚尺度を学習し得るのかを検証するために行った実験について述べる。

5.1 実験環境

本実験システムにおいて被験者はコンピュータの Graphical User Interface (GUI) 上で明るさにおける要求を入力する。本実験における実験室の間取りを Fig.6 に示す。

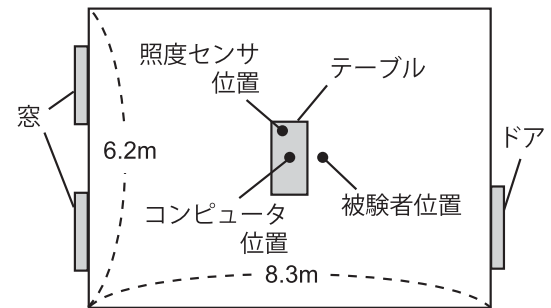


Fig. 6. 実験室の間取り。

Fig.6 に示すように本実験ではテーブル上に照度センサを配置し、そのセンサ値を被験者の周辺照度とした。実験室の天井の高さは 2.8m、Fig.6 におけるテーブルの高さは 0.7m である。本実験システムの GUI を Fig.7 に示す。



Fig. 7. 実験システムの GUI。

Fig.7 に示すように、本実験ではコンピュータの操作画面に「明るく」「やや明るく」「ほんの少し明るく」「ほんの少し暗く」「やや暗く」「暗く」「満足」の 7 つのボタンを配置した。また「満足」ボタンの右側には目標照度と現在照度の上下関係を表示した。

本実験では被験者に学習システムと無学習システムの 2 種類の照明制御システムを操作させた。学習システムとは既存の Actor-Critic タイプの学習アルゴリズムを実装したものであり⁵⁾、無学習システムとは学習システムの学習を停止させたものである。

5.2 実験内容

被験者は20歳代の男女8名（男性7名，女性1名）であった。実験の手順を以下に示す。なお，下記の目標照度と初期照度はシステムが指定するものである。

- (1) 被験者に可能な限り少ない要求入力回数で「満足」の状態に辿り着けるように教示を与える。
- (2) システムは被験者の周辺照度が目標照度になるように照明を点灯させる。
- (3) 被験者は目標照度の明るさを覚える。
- (4) システムは被験者の周辺照度が初期照度になるように照明を点灯させる。
- (5) 被験者は目標照度になるように要求を入力する。
- (6) システムは被験者からの要求に応じて周辺照度を変化させる。
- (7) 周辺照度と目標照度との差が許容照度差以下になれば(4)に戻る。許容照度差以下になれば「満足」の状態になったとする。

上記の工程を1ステップとし，被験者には1つのシステムにつき20ステップ操作させた。そして，1つのシステムで20ステップが終わると，同様にもう1つのシステムで20ステップ操作させた。また目標照度と初期照度はステップごとに変化するものとし，予めステップ数分の目標照度と初期照度をデータセットとして用意した。このデータセットは2種類存在し，これらを2つのシステムで使い分けた。このシステムの操作順やデータセット順は被験者間でカウンタバランスを取った。またユーザ周辺照度に関する状態は，本照明設備の実現可能照度が700-2700 lxであることを考慮し，「700-1200 lx」「1200-1700 lx」「1700-2200 lx」「2200-2700 lx」の4つに区切った。

5.3 結果

学習システムと無学習システムを被験者が操作した際の入力数の推移（8人の平均値）をFig.8に示す。入力数とは5.2節で述べた実験手順（4）～（7）を繰り返した回数である。また，本実験のパラメータをTable 3に示す。これらの設定は予備実験により得られた経験則に基づいて設定したものである。

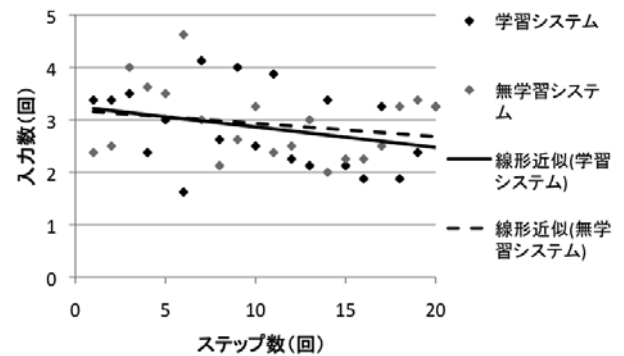


Fig. 8. 学習システムと無学習システムにおける入力数の推移。

Table 3. 感覚尺度学習実験のパラメータ。

ステップ数	20 回
割引率	0.8
Actor（ユーザ要求）の学習率	0.8
Actor（ユーザ周辺照度）の学習率	0.0001
「満足」状態遷移時の報酬	600
その他の状態遷移時の報酬	-300
許容照度差	100 lx

Fig.8の横軸はステップ数，縦軸は入力数を示す。学習システムにとってステップ数は学習の回数を意味するため，ステップを重ねるごとに入力数をより減少させることが期待される。Fig.8の点は各ステップにおける8人の入力数の平均値である。そして，実線は学習システムの入力数を，破線は無学習システムの入力数を線形近似したものである。Fig.8が示すように，線形近似において学習システムと無学習システムに顕著な差は見られない結果となった。

5.4 考察

5.3節で示したように，学習システムと無学習システムの入力数の線形近似には顕著な差が見られなかった。しかし，学習システムが本実験において被験者の感覚尺度を全く学習できなかった訳ではない。なぜなら被験者ごとに結果を見てみると，学習システムにおいて入力数が増加している被験者と減少している被験者が混在しているためである。Fig.9とFig.10に被験者Aと被験者Bの学習システムと無学習システムにおける入力数の推移を示す。

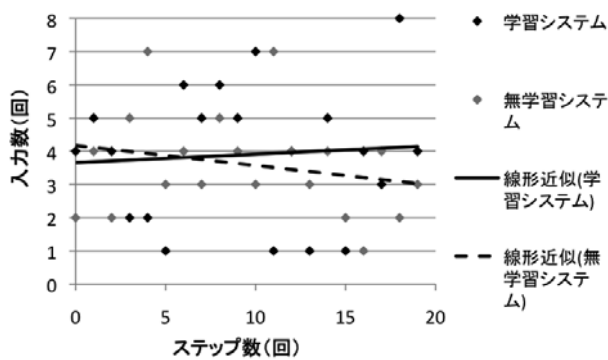


Fig. 9. 被験者 A の学習システムと無学習システムにおける入力数の推移.

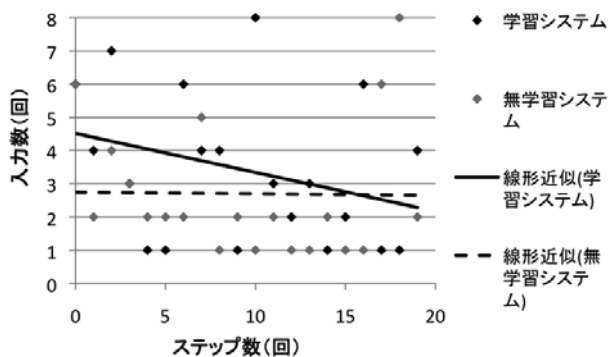


Fig. 10. 被験者 B の学習システムと無学習システムにおける入力数の推移.

Fig.9 と Fig.10 の横軸はステップ数, 縦軸は失敗数を示す. また Fig.9 と Fig.10 の点は各ステップにおける 8 人の失敗数の平均値である. そして, 実線は学習システムの失敗数を, 破線は無学習システムの失敗数を線形近似したものである. Fig.9 に示すように, 被験者 A の学習システムにおける入力数はステップを重ねるごとに増加している. 一方で Fig.10 に示すように, 被験者 B の学習システムにおける入力数はステップを重ねるごとに減少している. つまり, 学習システムは被験者 A に対しては効果的な学習を行えなかったが, 被験者 B に対しては効果的な学習が行えたと考えられる. このように被験者間で学習結果に差が生じた原因として, 被験者の感覚尺度における揺らぎの大きさの違いが挙げられる. つまり本実験と同様の環境下では, 本学習システムは感覚尺度における揺らぎが大きいユーザの感覚尺度を学習することは困難であるが, 揺らぎが小さいユーザの感覚尺度は学習し得ると言える.

6. まとめ

本稿では感覚的操作が可能な照明システムに必要な照明設備について述べた. これは複数の照明と制御装置をネットワークで繋ぐことで, 複数の照明の個別制御を可能とするものであった.

またこの照明設備の動作確認として, 既存の照度制御アルゴリズムと学習アルゴリズムを適応した照明システムを構築し, そのシステムの有用性を実験により検証した. 今回の実験では全てのユーザの感覚尺度を効果的に学習することはできなかった. 今後, 感覚尺度における揺らぎが大きいユーザにも対応できる学習アルゴリズムを開発することが課題である.

参考文献

- 1) 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, "オフィスワークの生産性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 (2006).
- 2) 保坂奈美, 花輪ゆみ子, 平野みのり, 小宮山裕子, 中村美知子, "入院患者が不快と感ずる病棟環境の実態調査", Yamanashi Nursing Journal, Vol.4, No.2 (2006).
- 3) M. Miki, T. Hiroyasu, K. Imazato and M. Yonezawa, "Intelligent Lighting Control using Correlation Coefficient between Luminance and Illuminance", Proc IASTED Intelligent Systems and Control, Vol.497, No.078, pp.31-36 (2005).
- 4) S. S. Stevens, "On the psychophysical law", Psychological Review, Vol.64(3), pp.153-181 (1957).
- 5) T. Hiroyasu, A. Nakamura, M. Yoshimi, M. Miki and H. Yokouchi, "Lighting Control System using an Actor - Critic type Learning Algorithm", Proceedings of the World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing, pp.140-145 (2010).