

# RGB 蛍光灯を用いた雰囲気制御システム

非会員 三木 光範 (同志社大学)      非会員 芦辺 麻衣子 (同志社大学大学院)  
非会員 廣安 知之 (同志社大学)

## The lighting system adjusting colors using RGB fluorescent lamps

NON-MEMBER MITSUNORI MIKI(DOSHISHA UNIVERSITY) ,  
NON-MEMBER MAIKO ASHIBE(DOSHISHA UNIVERSITY, GRADUATE  
SCHOOL) ,  
NON-MEMBER TOMOYUKI HIROYASU(DOSHISHA UNIVERSITY)

### ABSTRACT

We propose a lighting system which adjusts lighting colors. The lighting system adjusting colors is a system that provides required illuminance and lighting color at an appropriate location. This system consists of many intelligent lighting with RGB fluorescent lamps, many chroma sensors and an electric power meter. These equipments are connected to a network. The chroma sensor can measure the illuminance and the chromaticity. All intelligent lightings receive the values of the illuminance and the chromaticity via network, and are operated based on the proposed autonomous distributed algorithm. We actually construct the lighting color adjusting system and the validity of the system is verified.

**KEYWORDS** : lighting system of adjusting colors, autonomous distributed control, Chroma Sensor, chromaticity, RGB fluorescent lamps.

## 1. はじめに

近年、オフィスなどにおいて、オフィスワーカーの快適性や健康性ならびに知的生産性の向上を求める声が高まってきている。知的生産性に及ぼすオフィス環境の影響に関する研究は既に多く行われており、オフィス環境を改善することにより、知的生産性が向上すると報告されている<sup>1),2)</sup>。オフィス環境の中でも光環境に着目した研究では、人間の生体リズムに応じて、光の明るさを変えることにより知的生産性を向上できることが報告されている<sup>3)</sup>。また、光の明るさだけでなく、光の色の変化が人間の心理に影響を及ぼすことも報告されている<sup>4)</sup>。

したがって、ユーザの仕事内容や好みによって求められる光の明るさや光色は異なると予想される。このような背景のもと、個々のユーザの要求に沿った光の明るさや光色を提供することが望まれている。

三木らは、オフィスにおける照明の明るさに着目し、ユーザの要求に応じて任意の場所に任意の明るさを提

供できる自律分散型の照明システムである知的照明システムを構築し、その有効性を示している<sup>5)</sup>。しかし、オフィスなどの照明環境において、任意の場所に任意の光色を提供するシステムはまだ開発されていない。光の明るさだけでなく、光の色も変化させることが可能なシステムを構築する。ここでは、このシステムをRGB 蛍光灯を用いた雰囲気制御システムと呼ぶ。

## 2. 調色の重要性

知的生産性は、Parsonsらにより「活動により得られる、ある組織の目標に対する作業効率」と定義されている<sup>6)</sup>。

本研究では、知的生産性を形成する環境のうち、物理的環境、中でも光環境に着目する。光環境は、照明の明るさや色、または太陽光などにより形成されている。照明の明るさや色と知的生産性に関する検討は多く行われており、生体リズムを考慮して照明の明るさや色を変化させることで、知的生産性が向上する<sup>3)</sup>。また、照明の色温度を低くすることによって、相対的

にくつろぎに関して満足度を得ることができるという報告がなされている<sup>7)</sup>。

以上の観点から、次のような照明のコントロールが考えられる。例えば、オフィスワーカーが朝に出勤して仕事を始める際に、通常の蛍光灯の白い光に少し青色の光を入れることで爽やかな気分になる環境をつくり、これによって仕事への意欲を上げることができる。また、昼休みなど休憩時には、オフィスワーカーは照明に暖色系の光を加えることで、よりリラックスできる環境を作り出すことができる。このように、光色を変えることにより、ストレスの軽減や創造性の向上も期待できると考えられる。

これらのことから、オフィスの光環境において、好ましい明るさや光色を提供し、雰囲気制御できる照明システムとして、RGB 蛍光灯を用いた雰囲気制御システムを新たに提案する。この雰囲気制御システムを用いてオフィスでどのような光環境（明るさ、色）を提供すれば良いのか、調色と作業効率との関係について検証を次章で行う。

### 3. 作業効率に及ぼす光色の影響

#### 3.1 実験概要

光色の感性評価に関する研究は多い<sup>4)</sup>が、知的生産性に及ぼす光色の影響についての研究は少ない。このため、ここでは内田クレペリン検査を行い、作業効率に及ぼす光色の影響を調べる。実験環境は、5色光（白色光、赤色光、緑色光、青色光、電球色光）である。なお、5色光の光源には、三波長型蛍光灯（白色蛍光灯、RGB 蛍光灯、電球色蛍光灯）を用い、机上面照度を全て 150[lx] とした。机上面照度を低くした理由は、光色による影響を顕著にするためである。被験者は、特に目に疾病のない大学生 10 名（20 代前半、男女各 5 名）である。同志社大学知的照明実験室にて、指定した光色の環境下で内田クレペリン検査を行った。また、疲労の主観的測定方法である「自覚症しらべ」、およびアンケートを行う。

#### 3.2 実施手順

本実験では、以下の 3 つの項目について検証を行う。3 つの実施項目について詳細を述べる。

- 内田クレペリン検査

「内田クレペリン検査」は、人の「働きぶり」を評価する検査である。並んだ 2 つの数字を足し、その結果の 1 の位のみ 2 つの数字の間に書くという加算方法である。「内田クレペリン検査」を用いることで、作業効率を評価する。

- 自覚症しらべ

「自覚症しらべ」は、日本産業衛生学会が作成した疲労の主観的測定方法である。「自覚症しらべ」は、知的生産性を求める実験で疲労感を測定する手法として多く用いられている。「自覚症しらべ」を用いることで、疲労感を評価する。

- アンケート

被験者の主観的評価値を得るためのアンケートである。アンケート項目を以下に示す。

5 つの照明環境から選んで丸を付けてください。

- (1) 計算がはかどったのはどの環境か？
- (2) 文字が見やすかったのはどの環境か？
- (3) 計算をして疲れなかったのはどの環境か？

(1) は単純作業の効率、(2) は視認性、(3) は疲労感を評価することができる。

各照明環境において 10 分間、光環境に順応させたのち、「内田クレペリン検査」（1 分間）を 5 回行った。各作業の間には 30 秒間の休憩を取った。そして、各環境の加算作業前および作業後に「自覚症しらべ」を行った。なお、各環境での実験間には白色光で 5 分間のリセット時間を設けた。アンケートは実験の最後に行った。また、習熟効果や疲労を考慮し、5 環境を被験者ごとに異なる順序で実験を行っている。

#### 3.3 実験結果

##### 3.3.1 作業効率

異なる光色の環境下における作業効率として、特定の光色の環境下における内田クレペリン検査の被験者全員の平均正答数を用いる。本実験では、各環境において計 5 回の内田クレペリン検査を行ったが、習熟効果と疲労の観点から 1 回目と 5 回目の結果を除いた計 3 回分の結果を用いる。図 1 に内田クレペリン検査の合計正答数の平均を示す。

図 1 より、いずれの環境でも作業効率における有意な差は見られなかった。

##### 3.3.2 疲労感

疲労感の指標として自覚症しらべによる被験者全員の合計数における、各環境の内田クレペリン検査前後の疲労感の増加数を用いる。図 2 に疲労感の増加数を示す。

図 2 より、疲労感の増加数は、赤色光、青色光、緑色光、白色光、電球色光の順で高かった。また、赤色光は他の環境と比べて有意に疲労感の増加数が高くなる環境であることがわかった。 $(p < 0.05)$

##### 3.3.3 主観的評価

主観的評価として、アンケートの結果を用いる。そ

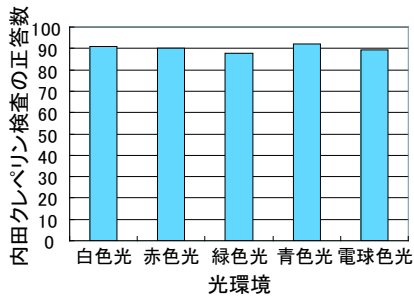


図 1 加算作業の正答数

Fig. 1 Number of correct answers

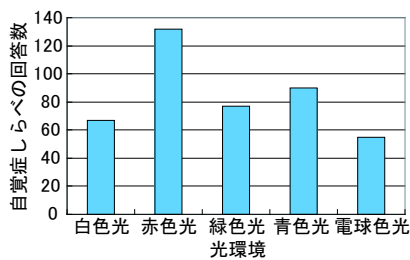


図 2 疲労感の回答の増加数

Fig. 2 Number of increased answers of fatigue feeling

の結果を図 3 に示す。

図 3 の (1) および (3) より、単純作業の効率や疲労感のアンケートに関しては有意な差が見られなかった。図 3 の (2) より、白色光は、他の環境と比べて有意に視認性が高い環境であると言える。( $p < 0.05$ ) また、図 3 の (1) および (3) に関しては、有意な差が見られなかったが、被験者それぞれの疲労感などの光色に対する感じ方は異なることがわかった。

### 3.4 まとめと考察

特定の光色が作業効率に影響するという効果は見られなかった。個人による有意な差が見られなかったのは短時間作業であったためであると考えられる。一方、疲労感においては、赤色光の環境は非常に疲れやすい色環境であることが分かった。また、アンケートによる主観的評価では、作業効率および疲労感のどちらにおいても、光色による有意な差は見られなかったが、個人によって好みの光色が存在する可能性があることがわかった。今回の実験より、個人毎に異なる光色を与えるシステムが必要だと考える。したがって、次章ではユーザの状況や好みに応じて、個別分散的に光色を提供する照度および色度に基づく雰囲気制御システムを提案する。

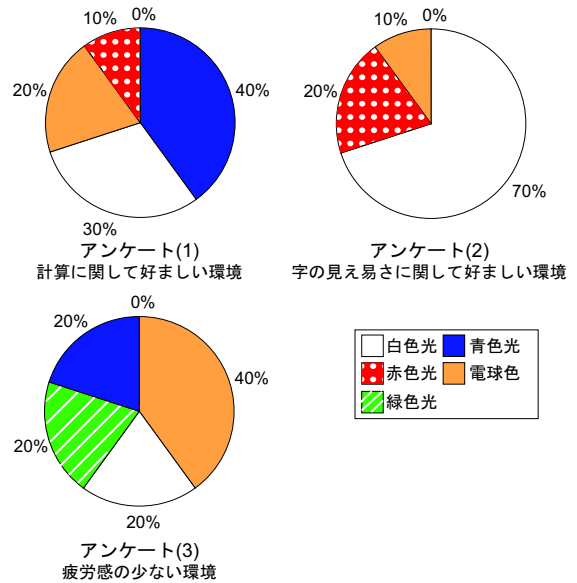


図 3 アンケート結果

Fig. 3 questionnaire data

## 4. 自律分散型雰囲気制御システムの構築

### 4.1 概要

第 3 章で、個人毎に好みの光色が異なることが分かった。これより、ユーザの状況や好みに応じて、異なる照度・光色を提供できるよう自律分散制御型雰囲気制御システムを新たに提案する。自律分散制御型雰囲気制御システムは、各 RGB 蛍光灯に搭載された制御装置によって自律分散的に制御を行う。図 4 に示すように、複数の知的照明機器および複数の移動可能な色彩照度センサを 1 つのネットワークに接続することで構成される。知的照明機器とは、光度の調節（調光）が可能な照明、その明るさを制御する装置（照明制御装置）、および自律分散制御アルゴリズムを搭載したマイクロプロセッサからなる。場所ごとに異なる照度・色度を実現する問題は 1 つの最適化問題であり、最適化アルゴリズムを用いることで、ユーザが要求する目標照度および目標色を実現する。

### 4.2 制御アルゴリズム

制御アルゴリズムとして、最適化手法である確率的山登り法 (Stochastic Hill Climbing : SHC) を用いる。以下に制御アルゴリズムについて説明する。

- (1) 初期設定を行う。全ての蛍光灯を初期光度で点灯させ、目標照度および目標色を設定する。

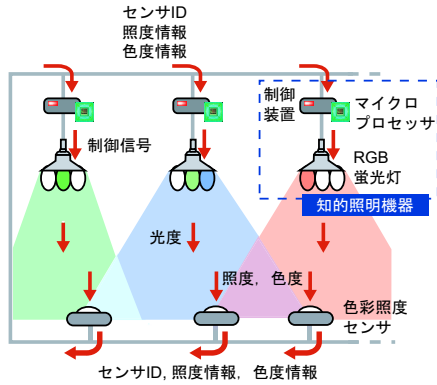


図 4 自律分散型雰囲気制御システム

Fig. 4 Autonomous distributed lighting environment control

- (2) 制御装置は、目標色から目標色度を算出し、現在照度と目標照度の差、および現在色度と目標色度の差から目的関数値を計算する。
- (3) 次光度を近傍内に生成する。なお、近傍とは次光度を生成する範囲のことである。
- (4) 次状態の照度と目標照度、および次状態の色度と目標色度の差から目的関数値を計算する。目的関数値が良好になっている場合、その状態および目的関数値を受け取りその解へと遷移する。そうでない場合は、1ステップ前の値を基準とする近傍内に新たに次状態を生成する。
- (5) ステップ (3) ~ (4) の動作を繰り返し行う。

本アルゴリズムの目的関数を式 (1) に示す。なお、この目的関数値は各知的照明機器にそれぞれ与えられるものであり、各知的照明機器が自律分散的にこの目的関数の最小化を行うことで、システム全体の最適化を図る。本目的関数は、照度の差と色度の差の和で構成される。色度は、UCS 色度座標値 ( $u'$ ,  $v'$ ) である。

$$f = \sum_{i=1}^n [ |Lt_i - Lc_i| + w \{ (u't_i - u'c_i)^2 + (v't_i - v'c_i)^2 \} ] \quad (1)$$

$n$ : number of chroma sensors

$w$ : weight

$Lc$ : current illuminance

$Lt$ : target illuminance

$u'c, u'v$ : current chromaticity

$u't, u'v$ : target chromaticity

## 5. 自律分散型雰囲気制御システムの動作実験

### 5.1 実験概要

構築した自律分散型雰囲気制御システムの動作実験を行い、その有効性の検証を行う。以下に示す2つの動作実験を行う。

#### 5.1.1 実験1: センサ1つの場合

色彩照度センサを1つ用いて、動作実験を行う。実験環境を図5に示す。なお、目標色は、red, green, blue, purple, cyan, yellowの6種類とし、それぞれの目標色の色度は予備実験により測定した色度を用いることとした。

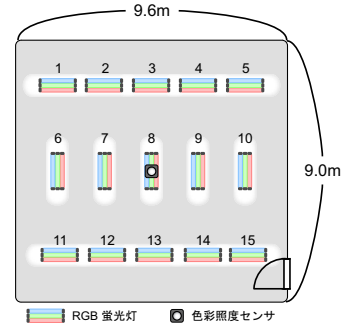


図 5 実験環境

Fig. 5 Experiment environment

ここでは、目標色を yellow ( $u'=0.242$ ,  $v'=0.506$ ), purple ( $u'=0.262$ ,  $v'=0.395$ ) にした時の実験結果を述べる。なお、目標照度を 500 [lx] とした。図6および図8に照度履歴を示す。図7および図9に色度履歴を示す。図6~図9より、照度および色度が目標値に収束していることが確認できる。また、同様に他の目標色 (red, green, blue, cyan) での実験においても収束することが確認できた。

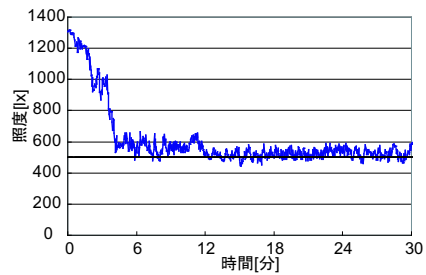


図 6 照度履歴 (目標色: yellow)

Fig. 6 Illuminance history (yellow)

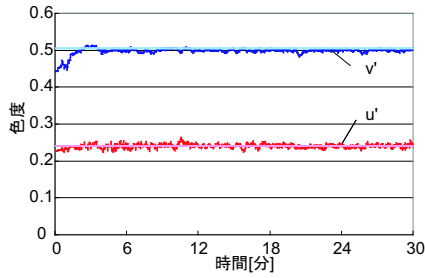


図 7 色度履歴 (目標色 : yellow)  
Fig.7 Chromaticity history(yellow)

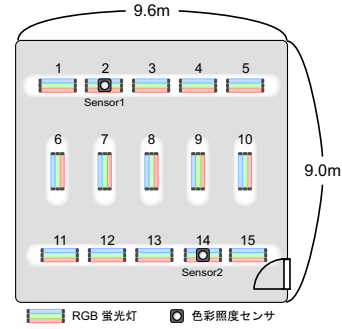


図 10 実験環境  
Fig.10 Experiment environment

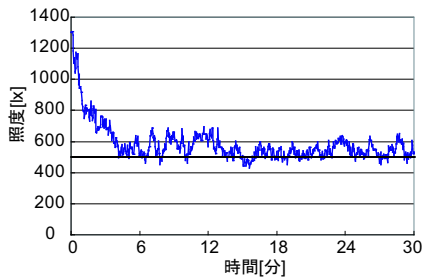


図 8 照度履歴 (目標色 : purple)  
Fig.8 Illuminance history(purple)

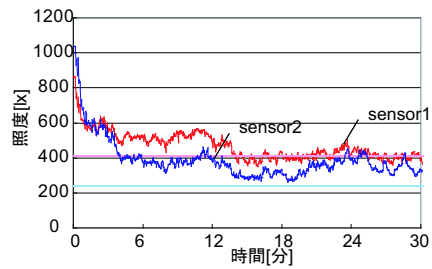


図 11 照度履歴  
Fig.11 Illuminance history

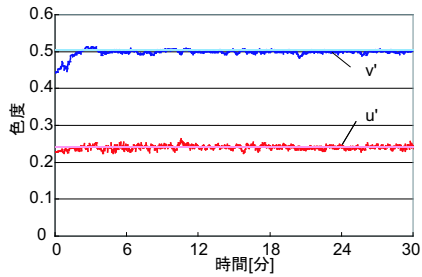


図 9 色度履歴 (目標色 : purple)  
Fig.9 Chromaticity history(purple)

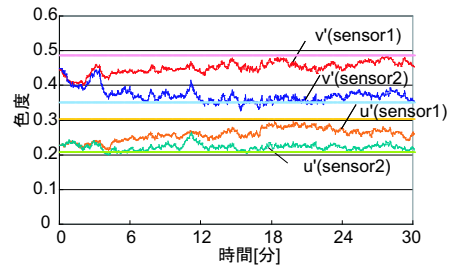


図 12 色度履歴  
Fig.12 Chromaticity history

### 5.1.2 実験 2 : センサ 2 つの場合

色彩照度センサを 2 つ用いて、動作実験を行う。実験環境を図 10 に示す。目標色は、実験 1 で設定した 6 色を用い、全ての目標色の組み合わせで実験を行う。ここでは、目標色を Sensor1 が red ( $u'=0.303, v'=0.486$ ) で目標照度を 440[lx], Sensor2 が blue ( $u'=0.207, v'=0.350$ ) で目標照度を 240[lx] とした時の実験結果を述べる。図 11 に照度履歴を示す。図 12 に色度履歴を示す。図 11, 図 12 より、2 つのセンサの照度および色度が目標値にほぼ収束していることが確認できる。また、同様に他の目標色の組み合わせでの実験においても収束することが確認できた。

## 6. ま と め

本研究では、任意の場所に任意の雰囲気を提供する RGB 蛍光灯を用いた雰囲気制御システムを構築した。被験者実験より、調色は疲労感に影響を与えることが分かった。また、個人の要求に応じて個別分散的に雰囲気を容易に提供できる RGB 蛍光灯による自律分散型雰囲気制御システムを提案し、構築した。動作実験より、目標とする雰囲気を提供できた。今後は、目標色の設定などの課題が存在し、さらなるシステムの改良が必要である。

## 参 考 文 献

- 1) 小林弘造, 北村規明, 清田修, 岡卓史, 西原直枝, 田辺新一. 執務空間の温熱環境が知的生産性に与える影響—コールセンターの長時間実測—. 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 451-454, (2006).
  - 2) 西川雅弥, 西原直枝, 田辺新一. タスク照明の個人制御が知的生産性に与える影響に関する研究. 日本建築学会環境系論文集 第 603 号, pp. 101-109, (2006).
  - 3) 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, (2006).
  - 4) 井上容子, 泊美穂. 光の色と見え方に関する研究—若齢者と高齢者の視力, 色の見え方, 空間の印象について—. 照明学会全国大会講演論文集, pp. 114-115, (2007).
  - 5) 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—. 人工知能学会誌, Vol.22, No.3, pp. 399-410, (2007).
  - 6) Kenneth C. Parsons. Human thermal environment, london, uk. Taylor & Francis, pp. 199-217, (1993).
  - 7) 石田亨子, 井上容子. くつろぎ空間に求める雰囲気と明るさに関する研究 第 2 報—壁面の色とランプの色温度について—. 日本建築学会近畿支部研究報告集, pp. 13-16, (2001).
-