

目標色度および照度を実現する LED 照明システム

富島 千歳

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や知的生産性の向上が注目されるようになってきている。また、人間の生活における照明環境についての研究が進み、照明環境の改善は知的生産性の向上に繋がることが報告されている¹⁾。これらの背景から、我々は、ユーザの要求に応じて任意の場所に任意の照度を提供する知的照明システムを提案している²⁾。人に影響を与える照明環境の要因には、照度だけでなく光色も存在する¹⁾。これより、光の照度だけでなく、色も変化させることによって、知的生産性や快適性の向上を図ることができると考えられる。このようなことから、任意の照度と光色を実現する RGB 蛍光灯を用いた雰囲気制御システムが提案されている³⁾。また、近年普及してきている LED 照明では様々な光色を実現することが容易であるため、光色の制御がより重要となってくると考えられる。以上のことから、LED 照明を用いた目標色度および照度を実現するシステムの構築を目指す。本報告では、既存システムの制御方法を LED 照明に用いたシステムの動作確認について述べる。

2 照度と光色

照度とは、ある場所での明るさを表し、単位は lx (ルクス) である。照度が人に与える影響について多く研究が行われており、照度を 1 日の中で変化させる日動変化の照明制御が知的生産性向上に繋がることが報告されている¹⁾。

光色は色度という 2 値の値で表すことができる。本研究では光色を定量的に扱うために、uv 色度 (CIE1960 UCS 色度)⁴⁾ を用いる。光色が人に与える影響についての研究も行われており、青白い高色温度の光源は緊張感を増やし、赤みがかかった低色温度の光源は眠気を増加させることが報告されている⁵⁾。Kruithof による快適な照度と光色の組み合わせの研究では、低照度では低色温度が快適であり、高照度では高色温度が快適であることが報告されている⁶⁾。また、生活場面に応じた適切な光色など、照明環境の設計が重要であることが報告されている⁷⁾。生体リズムにあわせて照度や光色を変化させることによって知的生産性が向上することが報告されている⁸⁾。このことより、照度および光色が人に与える影響は大きいと考えられる。

3 RGB 蛍光灯を用いた雰囲気制御システム

照度および光色を制御するシステムとして、RGB 蛍光灯を用いた雰囲気制御システムが提案されている³⁾。システムは、ユーザの状況や好みに応じて異なる照度およ

び光色を提供することができる。複数の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。照明機器には赤色 (R)、緑色 (G)、および青色 (B) の蛍光灯を用い、各蛍光灯は光度の調節 (調光) が可能となっている。また、3 色の蛍光灯を混ぜることで様々な色を実現する。場所ごとに異なる照度および色度を実現する問題は 1 つの最適化問題であり、最適化手法である山登り法 (Hill Climbing: HC) を用いたアルゴリズムにより、ユーザが要求する目標照度および目標色を実現する。これにより、任意の場所に任意の照度および光色を実現することができる。

4 LED 照明を用いた目標照度および色度を実現するシステム

既存システムでは、複数の場所に任意の照度および光色を提供することができる。しかし、RGB 蛍光灯では実現できる色度範囲が狭く、またシステムでは代表的な色のみ選択可能となっている。更に多くの光色を実現するため、本研究では LED 照明を用いる。

4.1 既存システムの制御アルゴリズムを用いた LED 照明システム

既存システムの制御アルゴリズムを LED 照明に適用することで、任意の場所に任意の目標色度および照度を実現できることを確認するため、既存システムの制御アルゴリズムを用いた LED 照明システムを構築した。

4.2 システム構成

システムは、複数の LED 照明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。各照明の光度をランダムに変更することで目標の照度および色度を実現する。用いる LED 照明 1 灯は赤色 (R)、緑色 (G)、青色 (B)、黄色 (Y) の 4 色から成り、各色の組み合わせにより様々な光色を実現できる。

4.3 制御アルゴリズム

場所ごとに異なる色度および照度を実現するために、最適化アルゴリズムを用いることで、設定された目標色度および目標照度を実現する。制御アルゴリズムとして、最適化手法である山登り法 (Hill Climbing: HC) 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、目標色度および目標照度を設定する。
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式 1 に示す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理し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) の動作を繰り返す。

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

n : number of chroma sensors
 w : weight
 Lc : current illuminance
 Lt : target illuminance
 $u'c, v'c$: current chromaticity
 $u't, v't$: target chromaticity

4.4 システムの動作実験

構築システムを用いて、動作実験を行った。色彩照度センサを2つ用いて、動作実験を行う。LED 照明を30台、色彩照度センサを2台用いて実験を行う。実験環境を Fig. 1 に示す。なお、目標値は、センサ A を 900 lx, $uv(0.15, 0.22)$, センサ B を 1500 lx, $uv(0.14, 0.35)$ とした。結果として、目標値の遷移を Fig. 2-4 に示す。

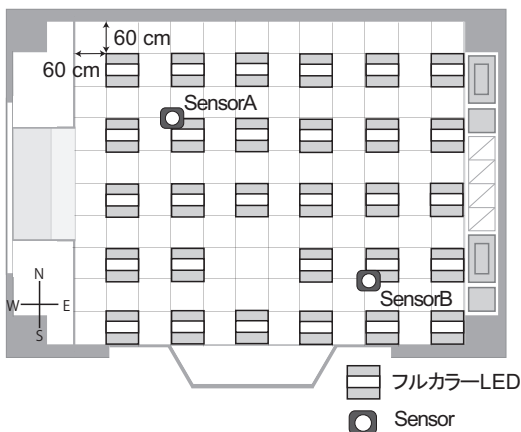


Fig.1 実験環境

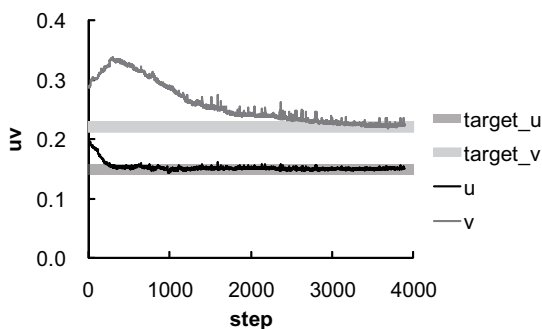


Fig.2 Sensor1 の色度遷移

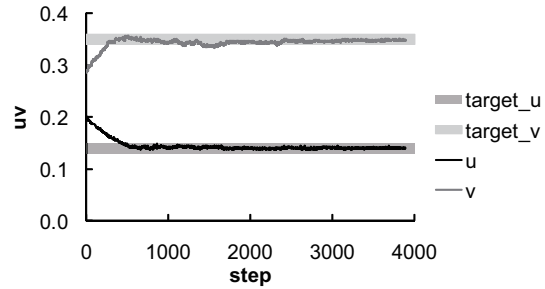


Fig.3 Sensor2 の色度遷移

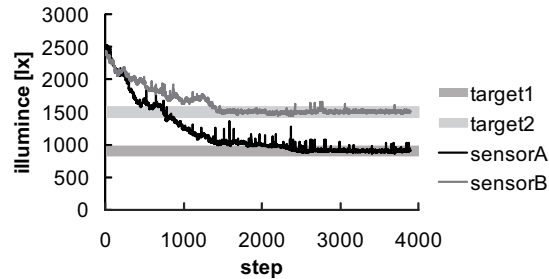


Fig.4 照度遷移

4.5 課題と今後の展開

実験結果より、色度および照度の収束に時間がかかることがわかった。この理由としては、照明の光色が3色から4色に増えたことが考えられる。このことより、収束時間を短くする必要がある。今後の展開としては、収束時間を短縮するための手法として、目標値から初期点灯を算出し、その後目標値に近づける手法を考える。

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向上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) 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.
- 3) 麻衣子芦辺, 光範三木, 知之廣安. 知的照明システムにおける照度と色温度の個別分散制御. 情報処理学会研究報告. BIO, パイオ情報学, Vol. 2008, No. 126, pp. 69-72, 2008-12-10.
- 4) CIE (国際照明委員会: Commission Internationale de l'Eclairage). <http://www.cie.co.at/index.ie.html>.
- 5) 金井隆志, 勝浦哲夫, 岩永光一, 下村義弘. 室内照明の色温度が作業中の覚醒度に与える影響. 日本生理人類学会誌, Vol. 5, No. 2, pp. 14-15, 2000.
- 6) A. A. Kruithof. Tubular luminescence lamps for general illumination. *Philips Tech. Review*, Vol. 6, pp. 65-96, 1941.
- 7) 高橋啓介. 照明の色温度と照度とが室内環境評価に及ぼす効果. 医療福祉研究, Vol. 2, pp. 30-36, 2006.
- 8) 戴倩穎, 井上学, 下村義弘, 岩永光一, 勝浦哲夫. I-2 オフィス空間における照明色温度の日内変動が生理心理機能に与える影響. 日本生理人類学会誌, Vol. 5, No. 2, pp. 12-13, 2000.