

フルカラー LED 照明を用いた指定した場所に異なる色温度を実現する手法

十場 嵩

Takashi JUBA

1 はじめに

近年、オフィスにおけるオフィスワーカーの快適性および知的生産性の向上について注目されており、光環境が人体に与える影響についての研究が行われている¹⁾。また光の特性である照度、光色などが、光源下にいる人体に対して生理的、心理的な影響を与えることがわかっている²⁾。以上のことから我々の研究室ではオフィスワーカーの知的生産性の向上にむけて、各個人に適した個別の照明環境を提供できる、知的照明システムを提案している³⁾。

本研究では照度および光色に注目し、照度、光色を個別に提供することで知的生産性の向上を図る方法について検討する。光色を表す指標には、表色系や色温度などが用いられる。本研究では色温度を用い、指定した場所に、指定した照度および色温度を実現する手法について検証を行う。

2 色温度

2.1 色温度とは

色温度とは光源光の色の数値的な尺度である。完全黒体¹⁾の加熱によって放射する光の色をその温度と対応させたものであり、単位を K(ケルビン) で表す。色温度が低いと光色は暖色、高いと寒色に近い色となる。一般的に利用されている蛍光灯や照明によっても色温度は異なる。しかし多くの場合は、自然光に近い 5000[K] 前後の照明が用いられており、照明設計に色温度が考慮されている場合は少ない。

2.2 色温度が与える影響

これら光源の色温度の違いは、人体に対して影響を与えることがわかっている。例えば色温度が低い照明下では人体の副交感神経が働きが強くなり心身がリラックスし、覚醒度が減少する。一方、色温度が高い照明下では交感神経の働きが強くなることから、心身が活動的になり覚醒度の上昇や緊張感の増大等の効果がある⁴⁾。

以上のことから、各個人の状態によって色温度を変えることで光環境が改善され、オフィスワーカーの知的生産性の向上および健康維持などが期待出来る。

3 システム概要

3.1 システム構成

本研究で構築したシステムは、センサを設置した位置に対して、照明を制御することで目標とする照度および色温度を提供するシステムである。システムは制御用 PC、フルカラー LED 照明および色彩照度計より構築されており、機器同士はネットワーク接続し、各照明の制御をセンサのフィードバックを用いることにより行う。すなわち、センサの取得値とユーザの設定した目標値より、照明の光度、色温度を変化を繰り返すことで目標値を実現する。

本システムではシャープ製グリッド天井用フルカラー LED 照明を用いる。フルカラー LED 照明は赤、青、緑、黄の 4 色から構成され、各色 0~1000 のデジタル信号値を転送することによって調光可能である。

3.2 使用光源の色度

構築したシステムでは特定の色温度を持つ色光を組み合わせることで目標色温度を実現する。そのため使用する光源光の色度は完全黒体放射の色軌跡上を辿るようにする。完全黒体放射の色軌跡とは、完全黒体が各温度で発している光の色を色度図上で示したものである。Fig.1 に uv 色度図上で完全黒体放射の色軌跡を示す。

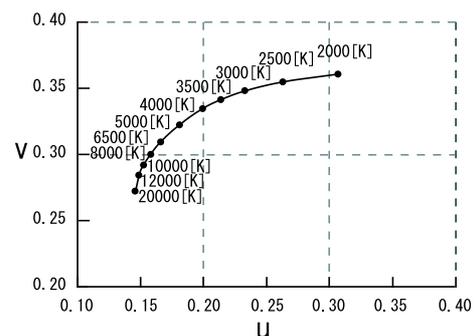


Fig. 1 uv 色度図上の黒体放射

各色温度の色光は、フルカラー LED に対して色温度と対応した信号値を入力することで実現可能である。本実験ではフルカラー LED の分光分布より色度を算出することで必要とする光度および色温度に対応した信号値のデータベースを事前に作成した。なお用いた色温度の範囲は 2000~20000[K] である。

¹⁾あらゆる電磁波を完全に吸収し、また放出できる理想的物体

3.3 アルゴリズム

構築したシステムでは、制御アルゴリズムとして、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) を用いる⁵⁾。システムの動作手順は、以下の通りである。

- (1) 目標となる照度および色温度を設定
- (2) 照明を初期設定光度および初期設定色温度で点灯
- (3) 照明の光度変化量とセンサの取得照度変化量より回帰係数算出。回帰係数をセンサへの影響度とし、これよりセンサ位置を推定。
- (4) 照度および色温度の取得値と目標値の差と算出した回帰係数より近傍を設定し、確率的に照明の光度および色温度を決定。
- (5) 決定した光度および色温度に対応した信号値を照明に転送。
- (6) 照度および色温度を測定し、目標値に収束しない場合、(3)~(5)を繰り返す。

4 システムの検証実験

4.1 実験環境

本実験ではフルカラー LED 照明 29 台、色彩照度計を 3 台用いる。目標照度 400~600 lx、目標色温度 4000~6000 K の範囲で複数の目標値を設定し検証を行う。Fig.2 に実験環境を示す。SensorA, B および C の目標照度を 600, 500 および 400 lx、目標色温度を 6000, 5000 および 4000 K と設定した。

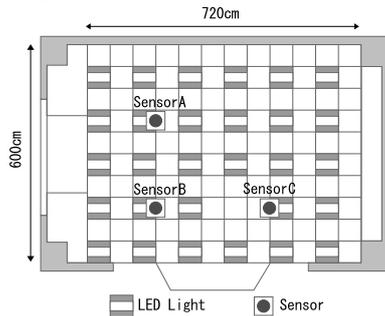


Fig. 2 センサ配置図

4.2 実験結果

実験結果として照度および色温度の収束結果を Table1, 照度収束推移を Fig.3, 色温度収束推移を Fig.4 に示す。

Table 1 照度, 色温度収束結果

	目標照度 [lx]	実測値 [lx]	誤差 [lx]
SensorA	600	597	3
SensorB	500	503	3
SensorC	400	391	9
	目標色温度 [K]	実測値 [K]	誤差 [K]
SensorA	6000	5982	18
SensorB	5000	5015	15
SensorC	4000	3971	29

Table1 に示す通り、センサ 3 台共に照度誤差 ± 50 lx 以内、色温度誤差 ± 5.5 ミレッド²以内での収束が確認

²ミレッドとは色温度の逆数値。色度変化量が数値と比例するため、色温度間の色差を比較できる

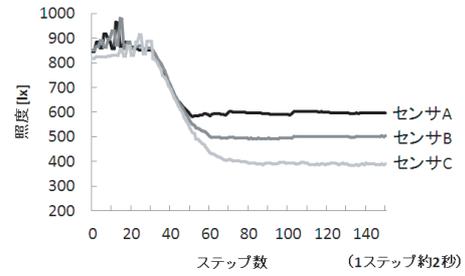


Fig. 3 照度収束推移

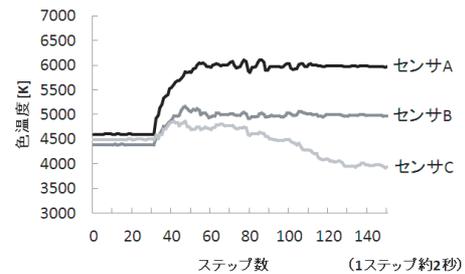


Fig. 4 色温度収束推移

できた。人が感じない照度変化は ± 50 lx とされており⁶⁾、人が認知できる色温度変化量は ± 5.5 ミレッドとされている⁷⁾。このため目標照度および色温度を実現できていると考えられる。これらの結果より、本研究で提案したシステムによって、任意の場所に任意の照度および色温度を提供できることが確認できた。

5 まとめ

本研究では、任意の場所に任意の照度および色温度を提供するフルカラー LED 照明を用いた照明制御システムを構築した。検証実験ではセンサ 3 台を用いた場合は照度、色温度共に目標値への収束を確認できた。今後は更にセンサ数を増やした場合の動作実験、センサ間距離や目標照度および色温度を変更した場合の実現可能範囲の調査する必要があると考えられる。

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 -, ヒューマンインターフェース, 2004
- 2) 三木光範: 知的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(2007), pp.399-410, 2007
- 3) 高橋 洵子: 色温度と照度が与える生理・心理機能への影響
- 4) 道盛 章弘, 荒木 和典, 井邊 浩行, 萩原 啓, 阪口 敏彦: 色温度が覚醒度と与える影響, 照明学会全国大会講演論文集 31, 220, 1998-07-22
- 5) 池田聡, 三木光範, 廣安知之: 知的照明システムを用いた実務環境における最適な照度, 第 16 回インテリジェント・システム・シンポジウム講演論文集, pp.121-124(2006)
- 6) 鹿倉智明, 森川宏之, 中村芳樹: オフィス照明環境における明るさの変動知覚に関する研究. 照明学会誌, Vol.85, No.5, pp.346-351, 2001-05-01.
- 7) 太田登: 色彩工学, 東京電機大学出版局, 第 2 版, 2001