

# 色温度可変方式による LED 照明システムの構築

谷口由佳

## 1 はじめに

近年オフィス環境への関心が高まり、光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<sup>1)</sup>。光環境には光の明るさを表す照度、光の色を表す色温度などの指標があり、人の生体および心理に影響を与える要因としてあげられる。このことから、我々は個々のオフィスワークにに合わせて個別の照明環境を提供する照明システムを提案し、作業を行うのに適した光環境の検討を行っている。先行研究より個人、作業内容、体調によって好む照度および色温度は異なることがわかった。そのことにより、さらに天候などの外光の状況によって照度および色温度の選好も異なる可能性があると考えられる。しかし、現在一般に普及している蛍光灯照明器具では色温度の実現範囲が狭く、実現できない色温度が存在する。そこで、本研究では外光の特徴を把握し、色温度の実現範囲が広い色温度可変型 LED 照明器具を用いて任意の照度および色温度を実現する照明システムを構築し、検証実験を行った。

## 2 照度および色温度が人に与える影響

オフィスにおいて、執務に最適な照度および色温度の研究は多く行われている。照度とは単位面積当たりに照射される光束(ルーメン)で、単位は lx(ルクス)である。色温度とは光の色を定量的な数値で表現する尺度であり、単位は K(ケルビン)を用いる。色温度が低いほど赤みがかった色で、反対に色温度が高いと青白い色となる。光環境を作業内容等によって変化させることで作業効率が向上することが報告されている<sup>1)</sup>。また、時間帯ごとに光環境を変化させることで人の生体リズムを保つことができると報告されている<sup>3)</sup>。

## 3 外光色温度の特徴

先行研究より、個人、作業内容および体調によって好む照度および色温度は異なることが分かっている。そのため、天候や外光の状況などの外部要因によっても照度および色温度の選好は異なると考えられる。そこで、外光の色温度にどのような特徴があるのかについて調査するため、外光の色温度を測定した。ある一日の外光照度および色温度を Fig.1 に示す。

Fig.1 に示すように外光の色温度は日の出および日の入り時に非常に高くなっていることが分かった。このことから、外光の色温度は一日の中で大きく変化することが分かった。室内の色温度を低く設定した場合、外光との色温度差が非常に大きくなるため、外光の状況によっても照度および色温度の選好が異なる可能性がある。そのため、外光の色温度を考慮した照明システムを構築し、

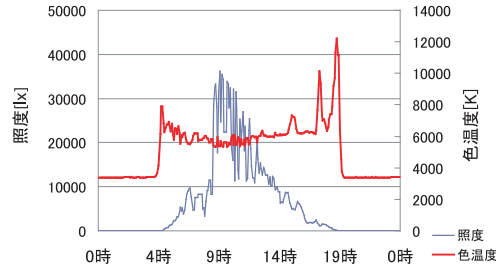


Fig.1 ある一日の外光色温度

外光の影響がどの程度、人の選好に影響がでるのかを調査するために、色温度可変方式による LED 照明システムの構築を行う。

## 4 色温度可変方式による照明システムの構築

### 4.1 システムの概要

要求された照度および色温度を実現するシステムを構築する。本システムは、調光可能な赤、緑、青、および黄色(以下 R,G,B および Y とする)の 4 色それぞれの光度を調節することで任意の照度および色温度を実現する。

### 4.2 システムのアルゴリズム

構築したシステムの具体的な処理の流れについて説明する。本システムでは色温度を実現するために色度を用いて制御を行う。色度図上における色温度(黒体放射)軌跡を Fig.2 に示す。なお、色度とは色を数値的に表現したものであり、色度図とは RGB の 3 原色の混合により生成される全ての色を網羅し、その色位置を座標化して表現したものである。

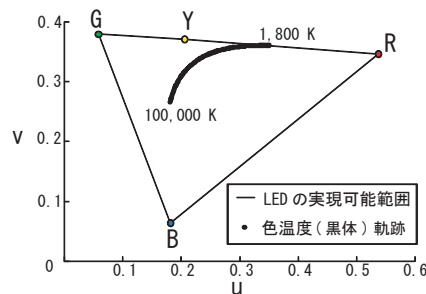


Fig.2 黒体放射軌跡

以下に具体的な処理の流れについて説明する。なお以下の光度とは照明器具直下の光度を示す。

1. 目標照度および目標色温度を設定する。
2. 700 lx, 4000 K で初期点灯する。
3. 目標色温度に対応する色度(色度座標の u, v 値)を取得

する。

4. 現在色度を取得する。
5. 目標色度を満たしている場合は6へ進み、満たしていない場合は目標色度を実現するためのR,G,BおよびYの光度増減量を計算し、それに応じて光度を増減させる。
6. 現在照度を取得する。
7. 目標照度を満たしていない場合は過不足分に応じてR,G,BおよびYの光度を増減する。
8. 目標照度または色温度が変更された場合は3に戻る。
9. 上記4から8を繰り返す。

以上の処理により、要求された照度および色温度を実現する。

## 5 検証実験

### 5.1 実験概要

目標照度を350~800 lxおよび色温度を3000~7000 Kの範囲内で7パターンを設定し、検証実験を行う。実験には色彩照度計(コニカミノルタ製)1台,LED照明器具(SHARP製試作品)29台を用いる。設定した目標値をTable 1に示す。また、ファイバチャンネル分光器(オーシャンフォトンクス製)を用いて平均演色評価数(Ra)の測定も行う。実験環境をFig.3に示す。

Table1 目標設定値

パターン	目標照度 [lx]	目標色温度 [K]
1	500	3000
2	800	3500
3	600	4000
4	400	4500
5	350	5000
6	600	6000
7	800	7000

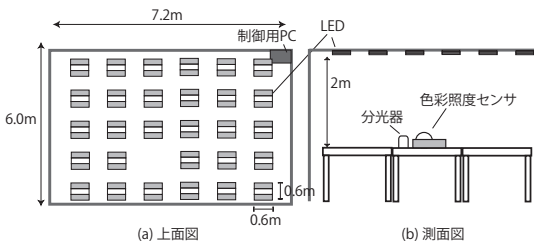


Fig.3 実験環境

### 5.2 実験結果

目標値をTable 1に示す値に設定した際の照度および色温度の収束結果をそれぞれFig.4および5に示す。

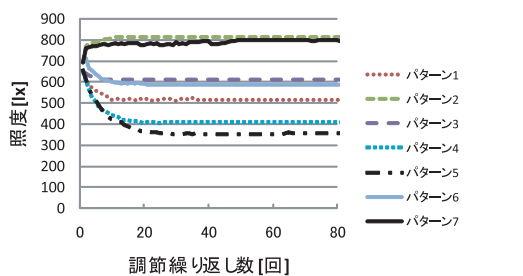


Fig.4 照度の収束結果

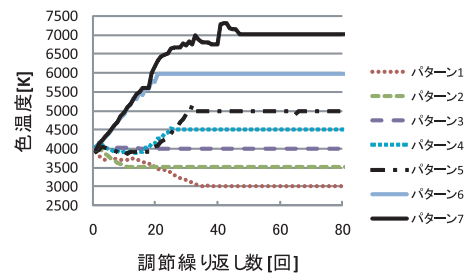


Fig.5 色温度の収束結果

Fig.4より、照度は20~50回程、調節を繰り返すことで収束していることを確認した。Fig.5より、色温度は30~50回程程度、調節を繰り返すことで収束していることを確認した。7パターンの照度および色温度の目標設定値とそれに対する収束結果および平均演色評価数をTable 2に示す。

Table2 実験結果

パターン	照度 (差) [lx]	色温度 (差) [K]	平均演色性数
1	517 (17)	3010 (10)	91.8
2	813 (13)	3511 (11)	87.0
3	613 (13)	4011 (11)	92.4
4	409 (9)	4514 (14)	88.5
5	357 (7)	4994 (6)	92.6
6	589 (11)	5988 (12)	90.4
7	797 (3)	7011 (12)	94.7

Table 2に示すように、照度および色温度共に目標との差は20 lxおよび20 K以内に収束した。この値は人が変化を感知できない程度であるため、構築したシステムは任意の照度および色温度を実現できることがわかった。平均演色評価数についても85~95の範囲内であった。この値はオフィスおよび学校で推奨される範囲内であるため、構築したシステムが実用可能であることがわかった。

## 6 まとめと今後の展望

色温度の実現範囲が広い色温度可変型LED照明器具を用いて任意の照度および色温度を実現する照明システムを構築し、検証実験を行った。検証実験を行った結果、構築したシステムが実用可能であることがわかった。今後は構築したシステムを用いて、外光の状況によって人が好む照度および色温度はどのように変化するのかについて検討する。また、外光の色温度を考慮した照明システムを構築し、執務を行う際に適した色温度の検討を行う。

### 参考文献

- 1) 大林史明, 富田和宏, 服部瑤子, 河内美佐, 下田宏, 石井祐剛, 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シンポジウム2006, Vol.1, No.1322, p.151-p156, 2006
- 2) 三木光範, 廣安知之, 富島千歳, 照度・色温度可変型照明システムを用いた実執務空間における最適な光環境, 第8回情報科学フォーラム講演論文集, p493-p494, 2008
- 3) 川瀬貴晴, 吉岡陽介, 執務空間快適性に関する概念拡張の動向と昼光利用サーカディアン照明システムについて, システム制御情報学会誌, p376-381, 2006