

要求された照度・色温度を実現する LED 照明システムの構築と 外光を考慮した選好色温度実験

谷口 由佳

Yuka TANIGUCHI

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^{1, 2)}。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^{3, 4)}。また, 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先行研究より明らかである。現在一般に普及している蛍光灯照明器具では調光範囲が狭く, 色温度の実現範囲が限定されている。そのため, ワーカや被験者が選択したいと感じる色温度が実現できなかった可能性がある。また, 外光や天候などの外部の要因が考慮されておらず, これらの要因は色温度の選好に影響を与える可能性があると考えられる。

そのような背景から, 本研究報告では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, 検証実験を行う。さらに, 外光や天候などの外部の要因による選好色温度について調査を行った。その結果から, 色温度の選好に変化があるのかについて検討し, どのような特徴があるのかを見出す。そして今後の光環境に応用し, 快適性および知的生産性の向上を目指す。

2 照度および色温度可変型 LED 照明システムの構築

2.1 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。

2.2 システムの制御方法

構築したシステムの具体的な処理の流れについて述べる。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. 1 に示す。

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。制御の流れを以下に示す。

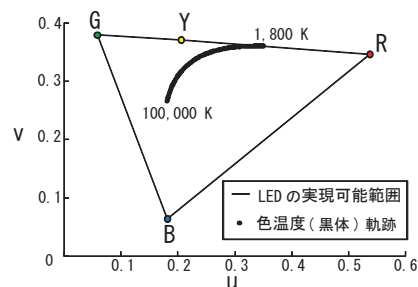


Fig. 1 黒体(放射)軌跡

1. 700 lx, 4000 K で初期点灯する。
2. 目標照度および目標色温度(目標色度)を設定する。
3. 現在色度を取得する。
4. 目標色度を満たしている場合は Step5 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。
5. 現在照度を取得する。
6. 目標照度を満たしていない場合, 過不足分に応じて R,G,B および Y の光度を増減する。
7. 目標照度または色温度が変更された場合は 3 に戻る。
8. 上記 Step3 ~ Step7 を繰り返す。

上記に示す手法を基に要求された照度および色温度を実現する。Step4 では, 現在色度に対して, 目標色度が色度図上のどの範囲に位置しているかを判定する。その判定結果から, 不足している色の光度を増加, 過剰な光度を減少させることで目標値を実現する。

2.3 システムの動作実験

第 2 章で提案したシステムの検証実験を行う。フルカラー LED (DLA016E) 29 台, 制御用 PC および色彩照度計 1 台を用いて, 照度および色温度を実現できているかを検証する。実験は理工学部知的オフィス環境創造システム実験室で行う。実験環境 Fig. 2 を示す。

目標照度は 300 ~ 1000 lx を 100 lx ごとに, 目標色温度を 3000 ~ 9000 K を 500 K ごとに設定し, すべてのパターンにおいて検証実験を行う。また, ファイバチャンネル分光器を用いて色の見え方を表す平均演色評価数 (Ra) を検証する。

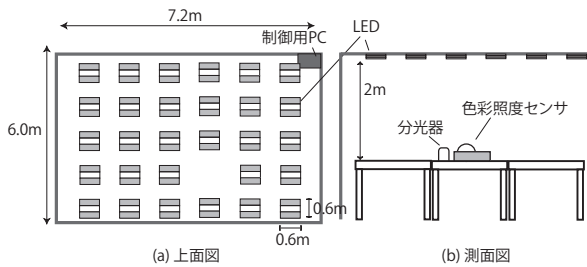


Fig. 2 実験環境

2.4 システムの動作実験

検証実験を行った結果のうち7パターン（照度，色温度および平均演色評価数）を抜粋し Table 1 に示す．

Table 1 実験結果

No	目標値 (照度/色温度)	実現照度 (差) [lx]	実現色温度 (差) [K]	平均演色 評価数 [Ra]
1	500 lx/ 3000 K	517 (17)	3010 (10)	91.8
2	800 lx/ 3500 K	813 (13)	3511 (11)	87.0
3	600 lx/ 4000 K	613 (13)	4011 (11)	92.4
4	400 lx/ 4500 K	409 (9)	4514 (14)	88.5
5	350 lx/ 5000 K	357 (7)	4994 (6)	92.6
6	600 lx/ 6000 K	589 (11)	5988 (12)	90.4
7	800 lx/ 7000 K	797 (3)	7011 (12)	94.7

また，上記に示した照度および色温度の収束結果を Fig. 3 に示す．

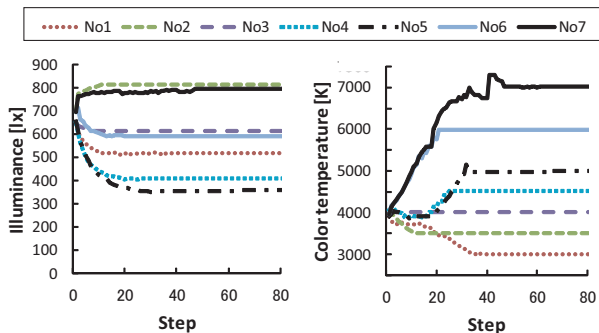


Fig. 3 照度および色温度の収束結果

Table 1 および Fig. 3 より，照度・色温度共に 30～50 回程度の調節を繰り返すことで目標値との差がそれぞれ 20 lx および 20 K 以内に収束することを確認した．また，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分かった．

3 外光を考慮した選好色温度実験

3.1 実験の概要

第 2 章で構築したシステムを用い，被験者から外光が見える状態で選好温度実験を行う．色温度の選択範囲は 3000～7500 K までを 500 K 刻みに選択可能とする．被験者は一人一日とし 11 時，14 時および 17 時（冬季は

16 時半）にそれぞれ 1 回ずつの計 6 回行う．なお，照度は基準照度である 750 lx を保つ．

3.2 実験の結果

外光が見える状態で選好色温度実験を行った際の実験結果を Fig. 4～Fig. 7 に示す．なお，結果はタイプ別に示し，被験者 14 名を A～N と表す．

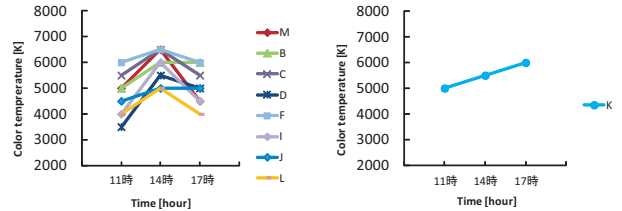


Fig. 4 タイプ I の結果

Fig. 5 タイプ II の結果

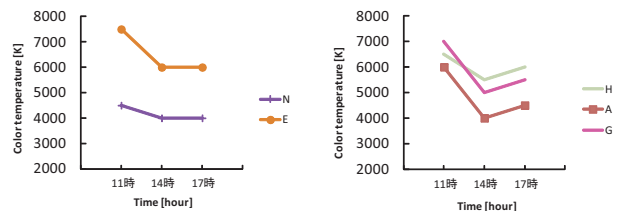


Fig. 6 タイプ III の結果

Fig. 7 タイプ IV の結果

Fig. 4～Fig. 7 より，タイプ I のように，選好した色温度のうち 14 時が最も高くなる被験者が 8 名と最も多かった．また，実験結果から，選好する色温度が時間ごとに変化することが明らかになった．

以上の結果から，外光を考慮した場合，好みの色温度に対して外光の色温度が高いため，選好する値が高くなる傾向があるという結果が得られた．

4 まとめ

本研究では，要求された照度および色温度を提供する LED システムを構築した．検証実験により，目標値の上下 20 lx および 20 K 以内に収束することを確認した．また，構築したシステムを用いて外光を考慮した選好色温度実験を行った．その結果，時間によって選好する色温度は異なり，さらに，14 時に最も高い色温度の選好値となる被験者が多いことが分かった．以上の結果からワーカに対して，14 時に最も高い色温度を提供することでより快適性を得られると考えられる．

参考文献

- 1) 大林史明，富田和宏，服部瑤子，河内美佐，下田宏，石井祐剛，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，ヒューマンインターフェースシンポジウム 2006，Vol.1，No.1322，p.151-p156，2006
- 2) Peter R. Boyce，Neil H. Eklund，S. Noel Simpson：Individual Lighting Control: Task Performance, Mood, and Illuminance, JOURNAL of the Illuminating Engineering Society, pp.131-142, Winter 2000
- 3) 石田享子，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，p13-p16，2001
- 4) 社団法人 照明学会，照明ハンドブック，オーム社，2003