

指定した複数の場所に異なる照度および色温度を実現する 4色フルカラーLED照明の制御手法

十場 嵩
Takashi JUBA

1 はじめに

近年、執務空間における快適性および知的生産性の向上への注目が集まっており、研究結果より執務者の知的生産性に対して物理的環境が影響を与えることが分かっている。中でも光環境が影響を与える大きな要因となることが報告されており、このような背景から我々の研究室では、各個人に個別の照明環境を提供できる、自律分散型照明制御システム (知的照明システム) を提案している¹⁾。

本研究では光の特性の中で照度と色温度に注目し、個別の場所に異なる照度および色温度を実現する方法について提案および検証を行う。

2 目標の照度及び色温度を実現する手法

本研究で提案する手法では、照明の光度および色温度を制御することでセンサ設置位置に対して目標とする照度および色温度の実現を行う。照度とは照射面の明るさの指標で単位を lx (ルクス) で表し、色温度とは光の色の数値的な尺度で単位を K (ケルビン) で表す。フルカラーLED照明は、照度と色温度が取得可能な色彩照度センサ (以下、センサ) と制御用 PC に一つのネットワークで接続され、センサの取得値とユーザの設定した目標値を基に、照明の点灯パターンを決定し制御を行う。なお本実験では照明としてシャープ製フルカラーLED照明を用いる。本照明は赤、緑、青および黄の4色から構成され、各色 0~1000 のデジタル信号値を入力することで光度が調光可能である。Fig.1 にフルカラーLED照明の分光分布を示す。

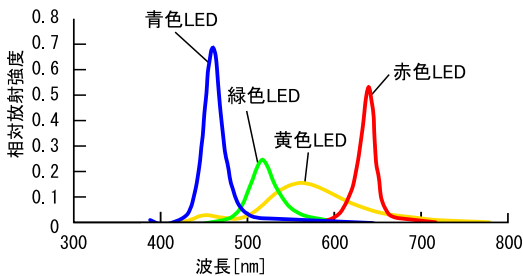


Fig.1 各色LEDの分光分布

目標とする色温度の提供は、個別に色温度を設定した照明の光の混色により実現する。そのため各照明の光色の制御は色温度曲線上に制限する。Fig.2 に uv 色度図上における色温度曲線を示す。本実験では照明の光色制御

は、光度および色温度に対応した信号値のデータベースを用いて行う。データベースの作成においては、各LEDが各信号値に対して出力する分光分布を取得し、PC上で4色のLEDに対して信号値を入力した際の色度を分光分布より計算することで、必要とする光度および色温度の点灯パターンの算出を行う。なお照明の実現可能な色温度の範囲は 2000~20000 K である。

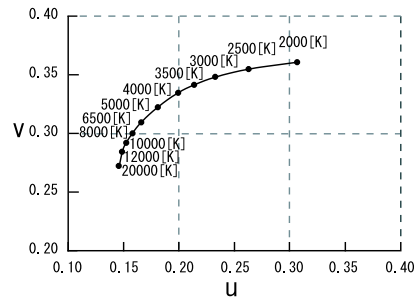


Fig.2 色度図上における色温度曲線

本手法ではアルゴリズムとして、照明の光度とセンサの取得照度の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)³⁾ を基に、評価対象にセンサの取得色温度を加え、色温度の制御を行えるように変更を加えたものを用いる。制御の動作手順は、以下の通りである。

- (1) 目標照度および色温度を設定。
- (2) 照明を初期光度および色温度で点灯。
- (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、目的関数が改善されたか判定し、(3)~(5)を繰り返す。

本手法で用いた目的関数を式(1)に示す。各照明は自律分散的制御によって各自で目的関数を持ち、この値の最小化を行う。

$$f_j = \sum_{i=1}^n \{ |Lt_i - Lc_i| + w|Tt - Tc| \} \quad (1)$$

j : 照明指標 i : センサ指標
 n : 照度センサの数 w : 重み
 Lc : 現在照度 Lt : 目標照度
 Tc : 現在色温度 Tt : 目標色温度

3 検証実験

本実験ではフルカラー LED 照明 29 台，センサを 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．

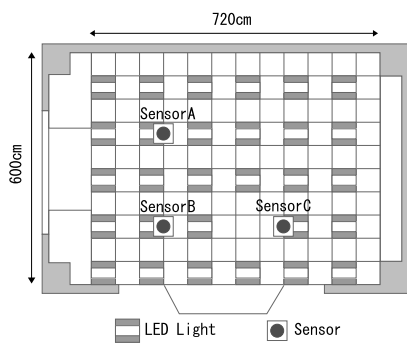


Fig.3 センサ配置図（平面図）

Table1 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 |
| | 目標ミレッド [MK ⁻¹] | 実測値 [MK ⁻¹] | 誤差 [MK ⁻¹] |
| SensorA | 166.67 | 167.19 | 0.52 |
| SensorB | 200.00 | 199.40 | 0.60 |
| SensorC | 250.00 | 251.83 | 1.83 |

実験結果として照度，色温度およびミレッド値^{*1}の収束結果を Table.1，照度収束推移を Fig.3，色温度収束推移を Fig.4 に示す．なお，Fig.3,4 中において各センサの目標値を破線で示す．

Table.1 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 ミレッド以内での収束が確認できた．人が感じない照度変化は ± 50 lx とされおり⁴⁾，人が認知できる色温度変化量は ± 5.5 ミレッドとされて

^{*1} 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

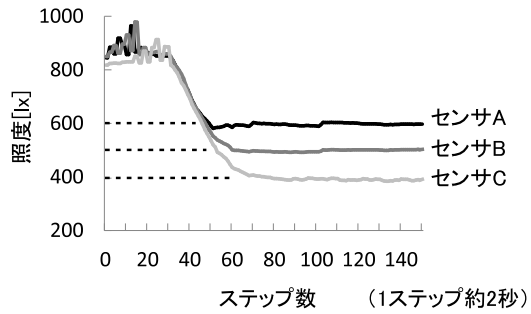


Fig.4 照度収束推移

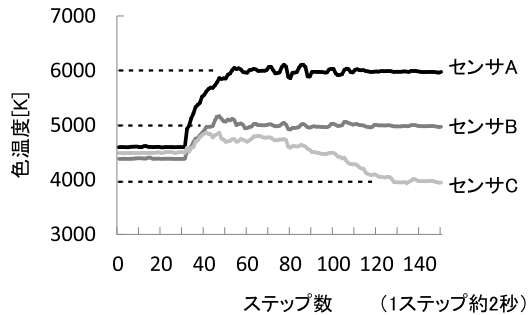


Fig.5 色温度収束推移

いる⁵⁾．このため目標照度および色温度を実現できると考えられる．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．

4 まとめ

検証実験の結果より，本手法を用いることでセンサ 3 台を用いた場合で目標とする照度，色温度を収束範囲内で実現することができた．しかし，各センサの目標色温度や照度によっては色温度の収束が遅れる場合や，収束しない場合があった．これは，異なる色温度の照明間で互いの光に干渉し合うことで色温度が中間的な値となり，目標の色温度が実現できなくなるためである．これらを考慮すると，照明の照射範囲を考慮した上でセンサ間距離に対する実現可能色温度範囲の検討を行う必要がある．また色彩照度計は高価であり，執務環境には用いるのは不適であるため，今後の課題として，安価な照度計を用いた色温度の制御手法を検討する必要がある．

参考文献

- 1) 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
- 2) 道盛 章弘，荒木 和典，井邊 浩行，萩原 啓，阪口 敏彦：色温度が覚醒度に与える影響，照明学会全国大会講演論文集 31，220，1998-07-22
- 3) 池田聡，三木光範，廣安知之：知的照明システムを用いた実執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)
- 4) 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.
- 5) 太田登：色彩工学，東京電機大学出版局，第 2 版版，2001