

携帯端末を用いた色温度推定方法の検討

親泊 泰智

Yasunori SHINPAKU

1 はじめに

我々はオフィスにおける執務者の快適性と知的生産性を向上する知的照明システムの研究を行っている^{1, 2)}。知的照明システムは照度と色温度を操作することで執務者が好む光環境を提供するシステムである。知的照明システムは照度や色温度等を計測可能なセンサと調光調色可能な照明そして照明制御用 PC で成り立っている。センサには色彩照度計や執務の妨げにならないように受注生産した高価な照度計を使用している。

オフィスに導入する際の課題の一つとして、センサ類が高価であり執務者一人一人に提供することが困難であることが挙げられる。この課題に対して、現在は、色彩照度計を使用せずに照明の光度から照度と色温度を推定する手法や執務者が所有する携帯端末を用いた方法が取られており、オフィスでの検証も始まっている。

照明の光度から照度と色温度を推定する手法ではセンサを使用しないため、大幅なコストの削減やセンサの設置個所の問題も解決可能である。しかし、センサを使用しないため外光の影響やオフィスの配置変更等の要因が加わると正常な動作が行えない場合が存在する。携帯端末を用いる手法では、イヤホンジャックに装着した照度センサを使い照度を測定している。しかし、色温度の計測には対応していない。そのため新しい照度と色温度の計測方法が必要である。

本研究では、新しい色温度の計測方法として、携帯端末のカメラを用いた推定方法を提案する。カメラで取得した画像の要素として、光の 3 原色値 (RGB 値) がある。RGB 値は光量や色光によって画素毎に変化する。この RGB 値と色光との相関から色温度を推定する。提案方法を用いた色温度推定実験を行い、提案方法の有用性を検証する。

2 携帯端末のカメラを用いた色温度推定方法

2.1 カメラを用いた色温度推定

携帯端末のカメラで取得した画像から色温度に応じた RGB 値を取得可能である。しかし、この RGB 値は光量と色光の両方によって変化するため、画像から色温度を取得する場合、照度が既知でなければならない。また、逆に画像から照度を推定する場合には色温度が既知でなければならない。その為 RGB 値からだけでは、照度と色温度がわからない場合には色温度を推定することが出来ない。そこで、画像から光量の影響を受けず色光の影響のみを受けたデータを取得するために RGB 値を xy 色度図の xy 値に変換する。次に xy 色度図の x 値と色温度

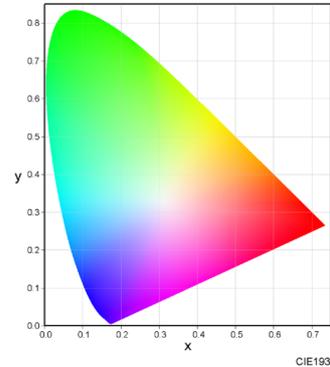


Fig.1 xy 色度図

との近似式を算出する。算出した近似式に推定時に撮影した画像から x 値を計算し代入することで色温度を推定する。

2.2 RGB 値の xy 色度図の xy 値への変換

xy 色度図は XYZ 表色系を正規化したものである。色度は X, Y, Z の値を比で表現したものであり、光量によらず色光のみを考えるのに適している。また比であることから、x と y の値が決まれば z の値も決まる。xy 色度図を図 2.2 に示す。RGB 表色系の RGB 値から xy 色度図の x 値, y 値へ式 1, 式 2 そして式 3 により変換可能である。

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.7689 & 1.7517 & 1.1302 \\ 1.0000 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0.0000 & 0.0565 & 5.5943 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$x = X / (X + Y + Z) \quad (2)$$

$$y = Y / (X + Y + Z) \quad (3)$$

2.3 近似式の作成方法

色温度と xy 色度図の x 値との近似式を式 4 に示す。

$$C = a * x^2 - b * x + c \quad (4)$$

C: 推定色温度 a: 係数

b: 係数 c: 係数 x: xy 色度図の x 値

近似式の作成の流れは以下の通りである。

- 照明を指定した色温度になるように調光
- カメラを天井方向へ向けた状態で写真を撮影
- 取得した画像の画素値を記録

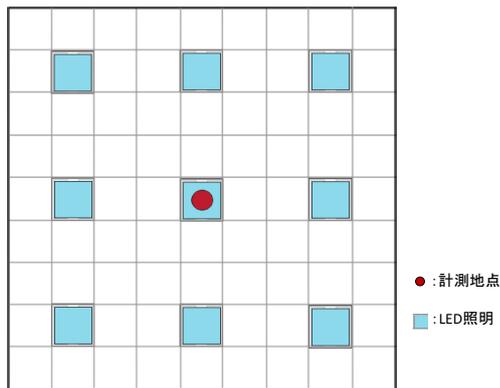


Fig.2 実験環境

- 画素値を xy 色度図の x 値に変換

上記 1, 2, 3, 4 を繰り返すことで異なる色温度毎の RGB 値を記録する。記録した RGB 値と色彩照度計で取得した実際の色温度を使用し、式 4 の係数を決定する。式を算出する際、最適化手法の一つであるモンテカルロ法を用いて推定した色温度と実際の色温度との誤差が最小となる係数を決定する。

3 携帯端末のカメラによる色温度推定方法の有用性検証実験

3.1 実験概要

携帯端末を用いた色温度推定方法の有効性を検証するため、xy 色度値の x 値と色温度の近似式を使い色温度を推定する。実験では、近似式で推定した色温度と色彩照度計で計測した実際の色温度を比較し、携帯端末のカメラによる推定方法の誤差を評価する。先行研究により色温度は実際の色温度と 5.5 ミレッド以内の誤差であれば感知できないことが確認されている。したがって、色温度を推定した際の誤差の許容範囲を 5.5 ミレッド以内とする。

3.2 実験環境

実験における使用機器は、調光調色が可能な LED 照明 9 灯、調光制御用 PC1 台、色温度推定用携帯端末 1 台とした。色温度推定用携帯端末として、白色半球素材を取り付けた iPhone6 を使用した。実験環境の見取り図を図 3.2 に、照度値と色温度の推定実験の様子を図 3 に示す。また、照度推定用携帯端末の様子を図 4 に示す。携帯端末のカメラの設定は ISO 感度を 100、シャッタースピードを 1/100 [s] とした。色温度と xy 色度図の x 値の近似式を評価する際、カメラの設定のホワイトバランスを 4000 K に固定した。照度は固定していないがオフィスで想定される 300 lx から 1000 lx の間に収まるように操作した。色温度を設定する範囲は室内で想定される 3000 K から 5000 K の間とした。



Fig.3 照度推定実験の様子



Fig.4 照度推定用携帯端末

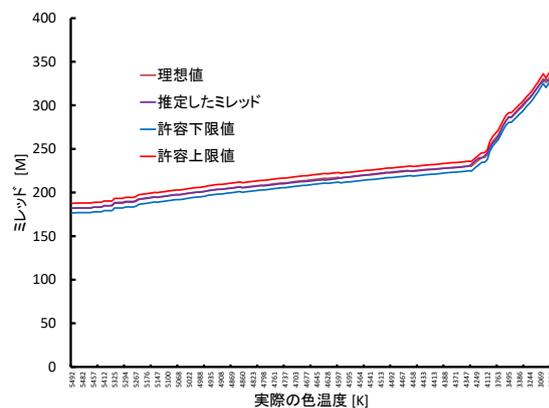


Fig.5 実験結果

3.3 実験結果

5500K から 3000K までランダムに色温度を変更し携帯端末のカメラを用いて色温度を推定した。実験結果を図 3.3 に示す。カメラの設定を固定すると、今回想定した色温度の範囲においては全て許容範囲内で色温度を推定できた。しかし、高色温度に比べ、低色温度の場合では推定精度が悪くなった。

4 結論と今後の展望

実験結果より、携帯端末のカメラを使用することで色温度を推定できることを確認した色温度と x 値の近似式を用いて色温度を計測した際、今回試した全ての場合で誤差 5.5 ミレッド以内で色温度を推定できた。

今後はこの推定方法を用いて、オフィスの照度値と色温度を制御する照明制御システムに応用することを考えている。

参考文献

- 1) 池上久典, 桑島奨, 三木光範, 間博人: 知的照明システムにおける線形計画法を用いた照明制御アルゴリズム, 情報処理学会論文誌, Vol. 56, No. 3, pp.1090-1098(2015).
- 2) 池上久典, 松下昌平, 三木光範, 間博人: 大規模な知的照明システムに対応した照度センサ近傍照明の抽出手法, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J98-D, No.3, pp.459-469 (2015).
- 3) 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, pp.346-351 (2001).
- 4) 大田登: 色彩工学, 東京電機大学出版局, 第 2 版 (2001).