

携帯端末のカメラで撮影した画像による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システム専用の照度計を使用する。

知的照明システムを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るために、各執務者毎にセンサを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、現在のオフィスでは、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を取り入れている。

照明の光度から照度と色温度を推定する手法では専用の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等を解決可能である。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、知的照明システムが正常に動作し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。センサが移動可能であり、ノンテリトリあるオフィス等様々な場所で利用可能である。しかし、色温度の計測には対応しておらず、新しい色温度計測方法が必要である。

本研究では、携帯端末を用いた新しい色温度の計測方法として、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 値と色光との関係から色温度を推定する。

2 携帯端末のカメラによる色温度推定

2.1 携帯端末のカメラによる色温度推定方法

携帯端末のカメラで取得した画像の画素値として RGB 値がある。撮影画像の各画素の RGB 値はカメラの撮像素子への入射光 (光量, 色光) に応じて変化する。そこで、様々な色温度環境下での画像を取得し、各色温度に対する RGB 値の変化量から、色温度と RGB 値との近似式を作成する。作成した近似式に推定時の画像の RGB 値を代入することで、色温度を推定する。

カメラ画像から周囲の光環境を推定するためにはシャッターを切る速さやホワイトバランス等の設定を行う必要がある。しかし、携帯端末の標準のカメラアプリケーションは、各種設定を自動で行うため、撮影した画像からは周囲の光環境の影響を正しく受け取ることができない。そのた

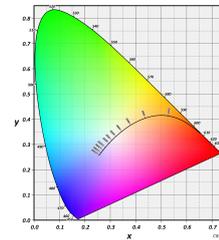


Fig.1 xy 色度図

め、カメラの各種設定を自由に変更可能なカメラアプリを作成し、一定値に固定することで色光, 光量の影響が反映された画像を取得する。

2.2 RGB 値の XYZ 表色系への変換

本研究では、照度計を使わずに携帯端末のカメラだけで色温度を推定するために、xyz 表色系の xy 色度図を利用する。xy 色度図を Fig.1 に示す。xy 色度図を用いることで、照度に関する情報を必要とせず色温度を推定することが可能である。RGB 表色系の RGB 値を xyz 表色系の XYZ 値に変換する際には以下の式 1 を使う。

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

色の判断には、混色比を用いた xy 色度図を使用する。X,Y,Z の混色比 (x,y,z) は以下の式 2,3,4 から求めることが可能である。混色比であるため,x,y,z の合計値は 1 である。そのため x と y がわかれば z の値も判別可能である。

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

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

$$z = Z/(X + Y + Z) \quad (4)$$

2.3 近似式の作成

色温度を示す黒体軌跡を xy 色度図上に示すと、x 値だけで色温度を推定することが可能である。しかし、黒体軌跡の式は理論値であるため、実際の環境では誤差が生じる。そこで、本研究では色温度と x 値との近似式を作成、使用することで色温度を推定する。色温度と xy 色度図の x 値との近似式を式 5 に示す。

$$C = a * x^2 - b * x + c \quad (5)$$

C : 推定色温度 a : 係数

b : 係数 c : 係数 x : xy 色度図の x 値

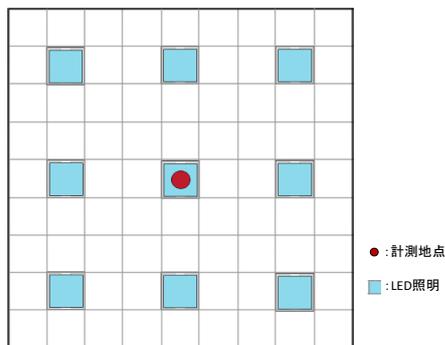


Fig.2 実験環境

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
- 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 5 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 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 Fig.2 に、照度値と色温度の推定実験の様子を Fig.3 に示す。また、照度推定用携帯端末の様子を Fig.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 250 ミレッドに固定した。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 200 ミレッドから 333 ミレッドの間とした。



Fig.3 照度推定実験の様子



Fig.4 照度推定用携帯端末

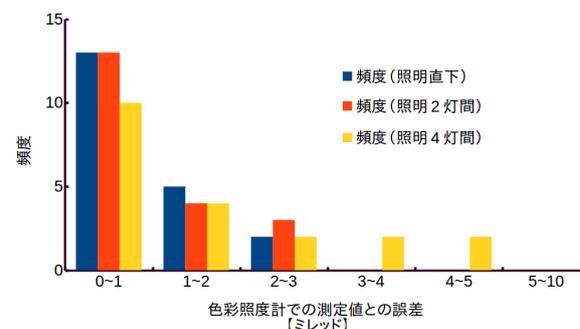


Fig.5 実験結果

3.3 実験結果

200 ミレッドから 333 ミレッド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 Fig.5 に示す。想定した色温度の範囲において、カメラの設定を固定することで、全て許容範囲内で色温度を推定できた。照明直下での色温度推定に比べ、2 灯間、4 灯間の順に推定結果が悪化した。

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).