

携帯端末を用いた照度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。知的照明システムは照度計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。照度計には色彩照度計や執務の妨げにならないように受注製差した高価な照度計を使用している。

知的照明システムは実際のオフィスに導入しその有用性を検証している。オフィスに導入する際の課題の一つとして、照度計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。この課題に対して執務者が所有する携帯端末を用いる方法が取られており、オフィスでの検証も始めている。

携帯端末を使用する際、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おらず、現在は簡易的な方法を用いて色温度を操作している。簡易的な方法のため推定した色温度の誤差は大きく、執務者が要求にする光環境を提供することは困難である。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、新しい照度と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。提案方法を用いた照度推定値や色温度推定値の誤差について基本的な検討を行う。

2 携帯端末による照度色温度推定方法

2.1 カメラを用いた照度色温度推定方法

携帯端末のカメラで取得した画像の要素として、光の 3 原色 (R, G, B) 値がある。光量や光の色によってカメラ画像の画素毎の RGB 値は変化する。そこで、カメラ画像の RGB 値から照度と色温度を推定する。まず、携帯端末で撮影した画像を解析し各画素毎の RGB 値を取得する。各画素の RGB 値の平均を撮影した画像の RGB 値として算出し、予め作成した照度値と RGB 値の近似式と色温度と RGB 値の近似式に RGB 値を代入し、照度値と色温度を推定する。カメラで推定する際、カメラの ISO 感度やシャッタースピードの設定が必要となる。照度によって適切なカメラ設定が変わるため、切り替え手法を用いてカメラの設定を変更する。

2.2 近似式の作成方法

照度値と RGB 値の近似式を式 1 に、色温度と RGB 値の近似式を式 2 に示す。

$$I = C_e e^{C_r R + C_g G + C_b B} \quad (1)$$

$$C = C_1 \log(x - C_2) + C_3 \quad (2)$$

I : 推定照度値 C_e : e の係数

C_r : R の係数 C_g : G の係数 C_b : B の係数

C_x ($x = 1, 2, 3$): 係数

x : RGB 値の合計に対する B 値の割合

R : R 値 G : G 値 B : B 値

近似式の作成の流れは以下の通りである。

1. 照明を指定した照度値と色温度になるように調光する。
2. 画像の撮影を行う。
3. 撮影した画像の画素値を記録する。

上記 1, 2, 3 を繰り返すことで異なる照度値と色温度毎の RGB 値を記録する。記録した RGB 値と実際の照度値と色温度を使用し、式 1, 式 2 の係数を決定する。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照度値や色温度と実際の照度値と色温度との誤差が最も小さくなる係数を求める。

2.3 切り替え手法

照度値を推定する際、ある照度では照度値に応じた RGB 値を取得できなくなる。そこで、照度に応じてカメラの設定を切り替える。撮影した画像に RGB 値が最大または最小の画素がある時、カメラの設定を変更し再度画像を取得する。再取得した画像の RGB 値を用いて照度値を推定することで、推定精度が向上する。

3 提案手法の検証実験

3.1 実験概要

提案した携帯端末を用いた照度色温度推定方法の有効性を検証するため、照度値と RGB 値の近似式と色温度と RGB 値の近似式での推定値を評価する。照度値と RGB 値の近似式の評価では、実際に計測した照度値と推定した照度値を比較する。色温度と RGB 値の近似式の評価では、実際に計測した色温度と推定した色温度を比較する。先行研究により、照度変化量が現在照度の 7% 以内であれば人は感知できないことが確認されている³⁾。また、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も確認されている⁴⁾。したがって、照度値の推定の際の誤差の許容範囲を 7% 以内とし、色温度の推定の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、照度推定用携帯端末 1 台とした。照度推定用携帯端末として、白色半球素材を取り付け

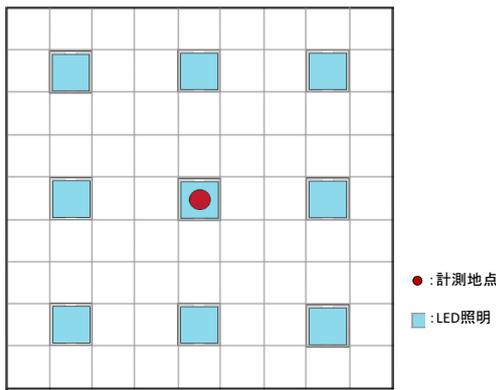


Fig.1 実験環境



Fig.2 照度推定実験の様子



Fig.3 照度推定用携帯端末

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 2 に示す。また、照度推定用携帯端末の様子を図 3 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 1/320 [s] とした。照度値と RGB 値の近似式を評価する際は照明の色温度を 5000 K に設定し、色温度と RGB 値の近似式を評価する際はカメラの設定のホワイトバランスを 4000 K に固定した。照度値を設定する範囲は一般的なオフィスで想定される 300 lx から 1000 lx の間とした。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。

3.3 実験結果

照度値を 300 lx から 1000 lx の間において 100 lx 間隔で変更し、照度値と RGB 値の近似式を用いて照度値を推定した。実験結果を図 3.3 に示す。カメラの設定を固定すると、低照度または高照度で推定した照度値と実際の照度値とで誤差 7% を超えている。これらと比較して、切り替え手法を用いて照度値を推定した際、計測範囲内のすべてで推定値の誤差は 7% 以内に抑えることができていた。次に、色温度を 3000 K から 5000 K の間において 500 lx 間隔で変更し、色温度と RGB 値の近似式を用いて色温度を推定した。実験結果を図 3.3 に示す。計測範囲内において高色温度、低色温度において許容誤差 5.5 ミレッドを大きく超えている。照度が 500 lx の時、3500 K から 4500 K においては 5.5 ミレッド以内で色温度を推定することが出来た。

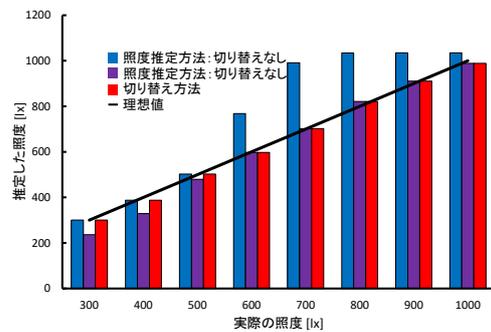


Fig.4 提案方法による照度値推定結果

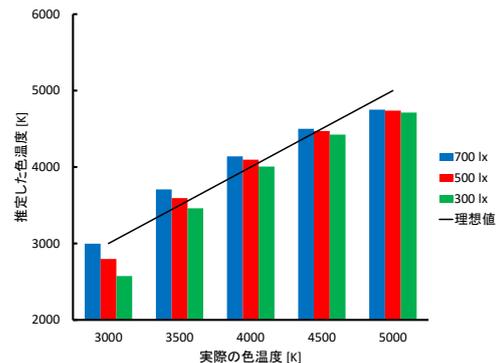


Fig.5 提案方法による色温度推定結果

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照度を推定できることが確認できた。また、切り替え手法を用いることによりオフィスで想定される照度範囲内であれば、誤差 7% 以内で照度を推定することができた。このことから切り替え手法を用いることで、オフィス以外での照度値の推定できる可能性を示した。また、携帯端末のカメラを使用して色温度を推定できる可能性を示した。色温度と RGB 値の近似式を用いて色温度を計測した際、多くの場合で誤差 5.5 ミレッド以内で推定できた。しかし、誤差が 5.5 ミレッドに収まらない部分もあり、アルゴリズムの改良が必要であると考えられる。

以上の 2 点から照度値と色温度を携帯端末を用いて推定できる可能性を示した。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知的照明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).