

M-029

携帯端末のカメラで撮影した画像による照度推定方法の検討 The Illuminance Estimation Scheme using Mobile Device Camera

親泊 泰智*
Yasunori Shinpaku

間 博人*
Hiroto Aida

岡田 基†
Motoi Okada

松井 健人†
Kento Matsui

三木 光範*
Mitunori Miki

1. はじめに

我々はオフィスにおける執務者の快適性、知的生産性の向上、照明の消費電力の削減を目的とした知的照明システムの研究・開発を行なっている^{1, 2)}。知的照明システムは、各執務席に照度計を設置し各執務者が要求する照度を提供する。オフィスにおいて知的照明システムを用いることで、執務者はそれぞれが快適と感じる光環境で執務を行うことができ、快適性の向上やストレスの軽減といった効果が期待できる。また、必要な箇所に必要な照度を提供することで、部屋の平均照度を下げることが可能であり、高い省電力性を実現する。知的照明システムは、東京都内の複数のオフィスにおいて実証実験が行われているが、課題の一つに多数の照度計を設置するコストがあげられる。この課題の解決方法として、執務者の携帯端末を用い照度を計測することで、専用の照度計を用意する必要がなくなりコストを抑えることができるが、照度センサが搭載されていない携帯端末への対応が必要となる。本研究では、照度センサの有無や、照度センサの性能差に依存しない照度計測方法として、携帯端末のカメラを用いて照度を推定する方法を検証する。提案手法を用いた照度推定誤差や色温度の変化への耐性に関する基本的な検討を行う。

2. 携帯端末のカメラによる照度推定手法

携帯端末のカメラで得られた画像の要素として、光の3原色(R, G, B)値がある。光量に応じて画像のRGB値は変化するため、カメラ画像のRGB値から撮影時の照度を推定する。まず、携帯端末で取得した画像を解析し各画素のRGB値からその画像の平均のRGB値を得る。次に、各画像の実際の照度値とその平均のRGB値を用いて画像のRGB値から照度を出力可能な照度変換式を算出する。照度変換式を式1に示す。

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

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
 R : R値 G : G値 B : B値

照度変換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

* 同志社大学理工学部

† 同志社大学大学院理工学研究科

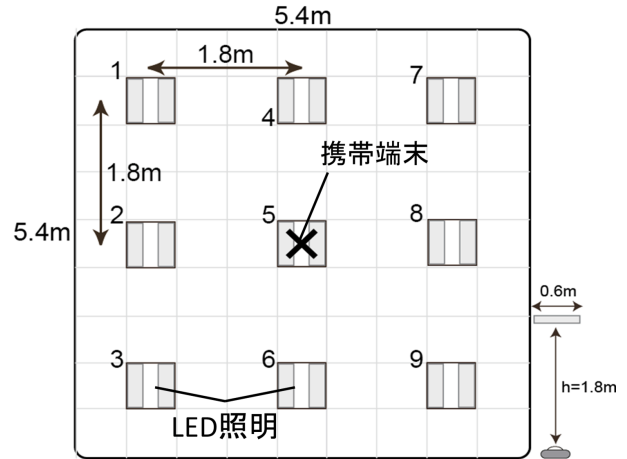


図1 実験環境

上記1, 2, 3を繰り返すことで異なる照度値毎のRGB値を記録し、実際の照度とRGB値との照度変換式を生成する。この際、撮影した画像の画素値として中央近傍を用いる手法と画像全体を用いる手法の2つの手法を用いて照度変換式を生成する。

3. 提案手法の検証実験

3.1. 実験概要

提案した携帯端末のカメラによる照度推定手法の有効性を検証するため、照度変換式の評価と色温度の変化に対するロバスト性の評価を行う。照度変換式の評価では、撮影した画像の画素値として中央近傍を用いた照度変換式と撮影した画像の画素値として画像全体を用いた照度変換式の照度推定誤差を比較する。本実験において、中央近傍を画像中心の10×10画素とする。色温度の変化に対するロバスト性の評価では、色温度を変更する前と色温度を変更した後で同じ照度変換式を用いた際の照度推定誤差を比較する。

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⁾。したがって、照度推定誤差7%以内を許容範囲とする。

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台を用いて行った。照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1に、照度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。



図2 照度推定
実験の様子



図3 照度推定
用携帯端末

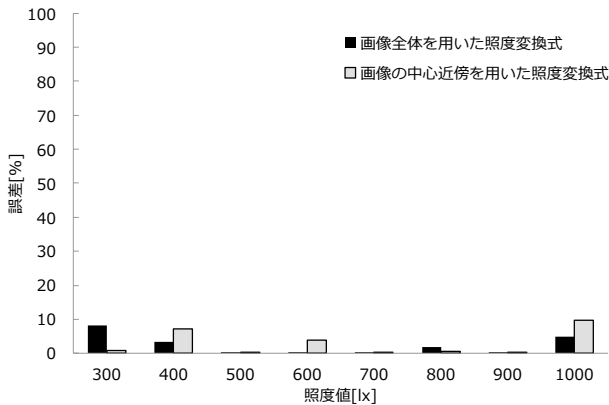


図4 照度推定誤差の比較

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 1/20 とした。照明の色温度は 5700 K に設定し、照度値を設定する範囲は一般的なオフィス環境で想定される 300 lx から 1000 lx の間とした。

3.3. 実験結果

照度値が 300 lx から 1000 lx の間において 100 lx 間隔で照度値を変更し、画像全体を用いた照度変換式と中心画像を用いた照度変換式により照度推定を行った。実験結果を図 4 に示す。画像の中心近傍を用いた照度変換式の場合、400 lx, 1000 lx の時に許容誤差 7% を超えている。一方、画像全体を用いた照度変換式を用いた場合、誤差 8.1% の 300 lx を除き許容誤差 7% 以下となった。

照明の色温度が 5700 K の時に作成した照度変換式を用いて、色温度が 5700 K の時に撮影した画像から照度を推定したものと色温度が 2700 K の時に撮影した画像から照度を推定したものとを比較した結果を図 5 に示す。画像の中心近傍のみを解析して算出した照度変換式では、色温度を変化させると 900 lx の時以外、照度推定値と実際の照度値との誤差が 7% を超えた。画像の全画素解析し算出した照度変換式では、照度変換式作成時とは違った色温度で撮影した画像を使用しても 300 lx, 400 lx, 500 lx 以外は誤差 7% 以内に抑えることができている。

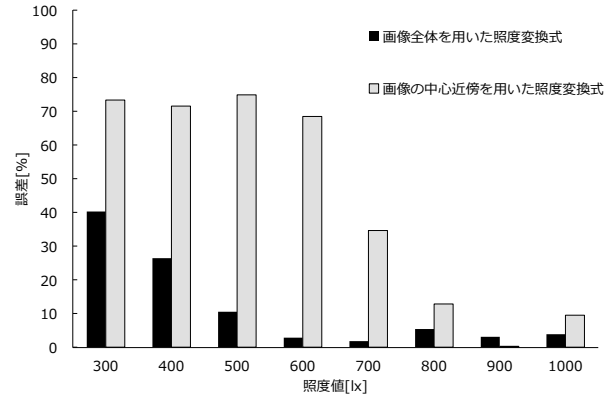


図5 色温度の変化に対する照度変換式のロバスト性の比較

4. 結論

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。また照度変換式の作成の際には画像の解析範囲について、全画素の場合と中心近傍のみの場合とで推定照度誤差を比較した。その結果から全画素を解析し照度変換式を算出するほうが推定照度誤差を小さく計測できていることが確認できた。加えて、その2つ解析範囲それぞれの照度変換式の色温度の変化に対するロバスト性を見ると、中心近傍のみの場合には半分以上の場合で誤差 7% を越えており、照度推定ができていないとは言えなかった。一方、全画素からの照度変換式の場合には誤差が 7% 以内に抑えることができている場合が多く、画像の中心近傍のみを解析して算出した照度変換式よりもロバスト性があると考えられる。

以上の2点より携帯端末のカメラを用いて照度を推定する際には、中心近傍のみを解析し算出した照度変換式よりも全画素を解析し算出した照度変換式を用いて照度推定を行う方が精度が高いことがわかった。

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).