

机上の携帯端末のカメラを用いた照度及び色温度推定方法

親泊 泰智

Yasunori SHINPAKU

1 はじめに

執務者の仕事内容や好みに応じて、求められる光の明るさ（照度や色温度）は様々であることから¹⁾、光環境を改善することにより快適性向上やストレス軽減といった効果が期待される。通常、オフィスの光環境はビル建設時に専門の業者が照度計や色彩照度計といった専用機器を用いて計測する。しかし、知的照明システム等オフィスの光環境が常時変化する可能性があるシステムを導入する際には、執務者一人ひとりにセンシング機器が必要となる。照度計や色彩照度計は高価であり、多数用意するにはコストが高くなりシステムの導入が困難になる。

そこで本研究では、執務者が所有する携帯端末のカメラを用い照度と色温度を推定する方法を提案する。執務者が所持する携帯端末をすることで、大幅なコスト削減が期待できる。カメラ画像の RGB 値は光量や色光によって画素毎に変化する。この RGB 値から撮影地点の周囲の照度及び色温度を推定する。

2 照度及び色温度の計測または推定方法

通常、照度や色温度の計測には高価な専用の照度計や色彩照度計を使用する。専用機器である照度計や色彩照度計を使わずに照度及び色温度を計測する方法として、スマートフォンに搭載されている照度センサを使用する方法がある²⁾。スマートフォンに搭載された照度センサは精度にばらつきがある。照度センサの多くはキャリブレーションを取ることで、専用の照度計と同程度の精度を実現可能である。しかし、スマートフォンの中にはキャリブレーションが取れない精度の機種もある。本論文では、照度及び色温度の推定に携帯端末のカメラを用いる。その際、機密保持の観点や天井の模様や色の影響、照明の形状等の影響を低減させるために白色半球状の素材をカメラに装着する。この素材は照度計や色彩照度計に比べてとても安価であり、執務者全員が必要となる場合でも比較的 low コストである。

3 使用する携帯端末に行う操作

専用のカメラ機器と異なり、スマートフォンに標準装備されているカメラアプリケーションの多くは、露光制御やホワイトバランス制御が自動である。自動で補正が加わると RGB 値の変化から照度及び色温度を推定す

ることは困難である。そのため、各種制御を手動で変更可能なカメラアプリケーションを作成し利用する。加えて、カメラ画像の RGB 値を用い照度と色温度を推定する際、オフィスの天井の色や模様、照明の形状等に応じて RGB 値に変化が生じ推定精度が悪化する。そこで、本研究では携帯端末のカメラに白色半球状の素材を取り付ける。白色半球状素材と白色半球状素材を取付けた携帯端末の外観をそれぞれを Fig. 1, 2 に示す。



Fig. 1 白色半球状素材



Fig. 2 白色半球状素材付き携帯端末

4 カメラを用いた照度及び色温度推定

4.1 照度及び色温度推定アルゴリズム

カメラの設定項目であるシャッタースピードと ISO 感度で決まる露光値やホワイトバランスを固定することで、画素毎に周囲の照度及び色温度の影響が反映されたカメラ画像を取得可能である。画素毎の RGB 値を取得しその平均値を画像の特徴値とし、RGB 値の平均値から照度を推定する。色温度は RGB 値を CIEXYZ 表色系の 3 刺激値 XYZ 値に変換したのち、XYZ 値を使い推定する。

照度と色温度をカメラ画像の RGB 値から推定するために、照度とカメラ画像の特徴値の近似式（照度算出式）及び、色温度とカメラ画像の特徴値の近似式（色温度算出式）を使用する。算出式は推定用のカメラ画像と撮影時の撮影地点の照度と色温度から作成する。色彩照度計での計測結果と算出式用カメラ画像の RGB 値のキャリブレーションを取ることで、算出式を作成することができる。照度及び色温度の算出式はそれぞれ以下の式に当てはめることができる。式の係数を決定するために、複数のカメラ画像と画像撮影時の照度または色温度を用い

て最適化手法のモンテカルロ法でキャリブレーションをとる。

$$Illuminance = a1 * e^{a2 * R + a3 * G + a4 * B} \quad (1)$$

Illuminance : 推定した照度 $a1 \sim 4$: 係数, R : RGB 値の R, G : RGB 値の G, B : RGB 値の B

$$Color = b1 * x^2 - b2 * x + b3 \quad (2)$$

Color : 推定した色温度 $b1 \sim 3$: 係数, x : XYZ 値全体における X の割合

カメラの設定によっては RGB 値が最大になってしまい、照度に応じた画像の取得が困難になる場合がある。本研究では、カメラの設定に応じて明るさに応じた画像の取得ができないといった状況を避けるために、切り替え手法を用いる。

4.2 切り替え手法によるカメラ設定の変更

カメラのシャッタースピードや ISO 感度によっては、それぞれの設定項目を一定値に固定したとしても RGB 値に変化が現れなくなる場合がある。そこで私達は RGB 値に応じて、カメラの設定を切り替える切り替え手法を用いる。切り替え手法では、予め RGB 値の閾値を設定し、推定時に撮影した画像の RGB 値が閾値を超えていれば、カメラの設定を切り替える手法である。切り替え手法を組み込んだ照度及び色温度の推定アルゴリズムは以下のようになる。

1. カメラの設定を行う
2. 携帯端末のカメラを天井に向け机の上に置く
3. 白色半球状素材でカメラを覆い画像を撮る
4. 画像から画像全体の平均の RGB 値を取得する
5. RGB 値が閾値を超えているかどうか判定する
6. RGB 値が閾値を超えるとき設定を変更し (3) に戻る
7. 照度算出式に RGB 値を代入し照度を推定する

5 照度及び色温度推定実験

5.1 実験概要

前章で提案した照度及び色温度推定方法の有用性を検証するため、調光調色可能な照明を備え付けた実環境にて、提案方法での推定精度を検証した。照度推定実験では、4 章で提案した切り替え手法を利用するため 2 つの照度算出式を利用する。また、調光調色制御用に PC を 1 台、また、照度及び色温度推定用の携帯端末には iPhone6 を用いた。本実験では白色半球状素材には Luxi FOR ALL を使用した。

5.2 実験結果および考察

撮影した画像から照度及び色温度を推定し、実際の照度及び色温度との誤差を算出した。結果を Fig. 3 と Fig. 4 に示す。推定した照度と実際の照度との誤差が、実際の照度の 7 % 以内であれば許容範囲である。推定した色温度と実際の色温度との誤差が、5.5 ミレッドであれば許容範囲である³⁾。

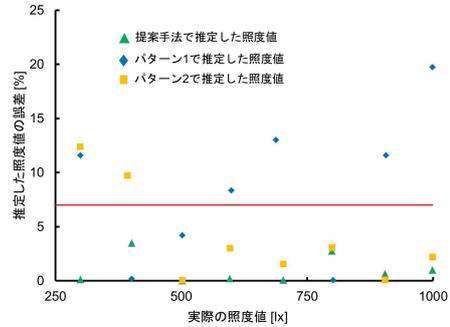


Fig. 3 Error of Estimated Illuminance

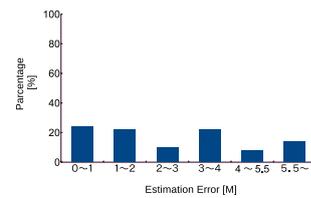


Fig. 4 Color Temperature Estimation

Fig. 3 を観ると、1 つの照度算出式での推定では誤差にばらつきがあり、許容誤差の実照度の 7 % を超える場合もあることがわかる。比べて、切り替え手法を用いた推定では、300 lx から 1000 lx までの範囲で、多少、推定誤差にばらつきはあるが、すべて許容範囲に収まっていることがわかる。Fig. 4 より、試行した 50 回中 43 回、つまり 86 % の確率で許容可能な誤差の範囲で色温度を推定できたことがわかる。照度推定実験及び色温度推定実験から、本論文で提案した携帯端末のカメラを用いた照度及び色温度推定方法の有用性を示した。

参考文献

- 1) Peter R Boyce, Neil H Eklund, and S Noel Simpson. Individual lighting control: task performance, mood, and illuminance. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, Vol. 29, No. 1, pp. 131-142, 2000.
- 2) 桑島奨, 三木光範, 山口浩平, 東陽平, 間博人. スマートフォンを照度センサとして用いる知的照明システム. *情報処理学会論文誌*, Vol. 57, No. 8, pp. 1775-1786, aug 2016.
- 3) 大田登. 色彩工学, 第 2 版. 東京電気大学出版局, 2001.