

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 5 日現在

機関番号：32714

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26750006

研究課題名(和文) デジタルカメラを用いたLED照明の照度簡易計測手法の検討

研究課題名(英文) Study of the conventional illuminance measurement with LED lighting using a digital camera

研究代表者

三栖 貴行 (Takayuki, Misu)

神奈川工科大学・創造工学部・准教授

研究者番号：80570572

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,300,000円

研究成果の概要(和文)：近年、LED照明の普及が進んでおり、新規参入メーカーが増えている。LED照明は輝度や照度などの照明パラメータの測定が必須となる。また、LEDシーリングライトなどの大面積用の照明機器の照度値を測定する場合、多くの照度計が必要になるか、一台で複数回測定を行うなど、コストが大きくなる。そこで本研究ではスマートフォンや携帯電話に付属するデジタルカメラを用いて、容易かつ低コストな方法で大面積の照度測定が行えないか検討した。その結果、デジタルカメラ画像により大面積照度予測の可能性を見出した。

研究成果の概要(英文)：The LED-lighting market is still expanding, with the increasing number of new-coming manufacturers. For the performance evaluation of LED lightings, various expensive measurement devices and software products are used, such as an illuminometer and simulation software. However, purchasing all such products is difficult for newcomers. In this study, an environment for measuring the illuminance has been devised, using a digital camera, such as the cell-phone camera which has been indispensable in everyday life. It has been revealed that the illuminance value can be predicted by using a histogram of an image taken with a digital camera.

研究分野：照明工学

キーワード：照度 デジタルカメラ画像 デジタル画像輝度

1. 研究開始当初の背景

LED 照明は低消費電力などの優れた特性から照明機器として広く普及している。LED 照明は、LED チップや電源回路、導光板、他の部材を外部企業から購入後、自社で組み立てて生産できるため、参入障壁が比較的低い。2012 年の LED 照明市場は前年比 195% の 4,204 億円となり市場規模は拡大している⁽¹⁾。新規参入メーカーは異業種からの参入も多く、照明器具の評価は簡潔で安価な方法が必要と考えられる。

LED は既存の光源と異なり、集光の役割を持ったレンズを用いるため、従来の放射光源のように照度測定における距離の逆二乗の法則が適用できない⁽²⁾。そのため照度設計および光学シミュレーションには比較的高価なソフトウェアが必要となる。また照度測定は大面積になるほど測定点数が増加し、多くの測定時間を必要とする。測定時間の減少のために複数の照度計を購入する方法があるが購入台数分の費用が増えるため、低コストで大面積の照度評価方法が必要と考えられる。

また、デジタルカメラを用いた明るさ除法の取得に関する研究はほとんどが輝度に関する研究である⁽³⁻⁵⁾。

2. 研究の目的

本研究はデジタルカメラ画像を用いることで、大面積照度計測の低コスト化の検討を目的とし、机上面のデジタル画像データのヒストグラム（輝度に対するピクセル数）と照度実測データとの比較を行ったので報告する。

3. 研究の方法

(1) デジタル画像の輝度と机上面照度の比較実験

図 1 にデジタルカメラを用いた机上面輝度の測定方法の概略図を示す。実験に使用した暗室 (1200×1200×1200mm) の上部には汎用のデジタルカメラ (Panasonic 製 DMC-FX700) を設置し、机の中心部を撮影できるようにした。表 1 にデジタルカメラの設定を示す。設定内容はほぼ初期設定と同様とし、輝度情報への影響を考慮してフラッシュ発光は禁止とした。LED 電球 (電球色、全光束 520lm) は角度調節が容易な三脚 (Velbon 製 VS-443Q) に E26 型用三脚取り付けソケットで固定し、机上面に対して 45° の角度で設置した。LED 電球のエージングは 1 時間行い、明るさを安定させた。机 (株式会社ニトリ製フリーデスク 1000×600×630mm) は白と黒の 2 色の机上面で計測を行った。図 2 に机上面の観測点および測定点を示す。机上面は中心面を縦 150×横 150mm の 4 区画 (A~D) に分け、9 点の照度測定点を設けた。9 点の照度測定点は照度計を用いた机上面照度測定で使用する。LED 電球からの光は図 2 の机上面の区画 A から入射する。

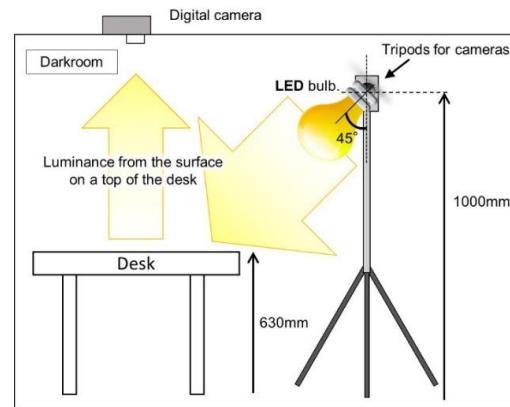


図 1 デジタルカメラを用いた机上面からの輝度測定の概略図

表 1 デジタルカメラの設定

| 設定項目 | 設定値・設定内容 |
|-----------|----------|
| 絞り値 | 2.2 |
| シャッタースピード | 1/60 |
| ISO感度 | 800 |
| 記録画素 | 4:3 14M |
| フラッシュ設定 | 発光禁止 |
| ホワイトバランス | 晴天 |

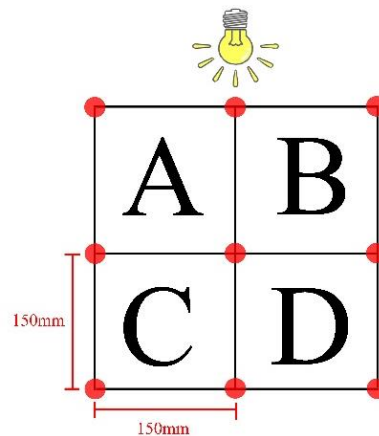


図 2 机上面の観測点および測定点

デジタル画像は JPEG データを使用した。JPEG データは画像処理ソフト (Adobe 社製 Photoshop CS6 Extended windows 版) を用いて、図 2 のような区画で分けた。区画 A~E のデジタル画像のヒストグラムは明るさ情報を使用するため、グレースケール画像に変換した後で抽出した。図 3 にデジタル画像のヒストグラムの一例を示す。抽出されたヒストグラムは横軸がデジタル画像 (JPEG) の輝度 (1~256)、縦軸がピクセル数となる。測定照度と比較するデジタル画像の累積輝度値

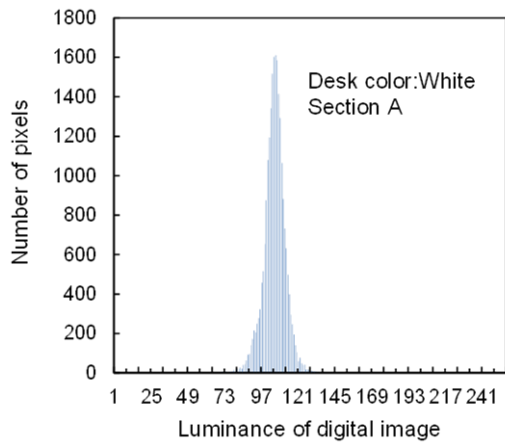


図3 デジタル画像のヒストグラムの一例

の算出式は以下の(1)式ようになる。

$$\sum_{n=1}^{256} n \times P(n) \dots \dots \dots (1)$$

ヒストグラムにより得られた輝度値を n 、輝度値に対応した画素数を $P(n)$ としている。ピクセル数×デジタル画像の輝度値を 1~256 の 255 段階まで算出し、全て加算した。以降は累積輝度値を「デジタル画像輝度」とする。

図4に机上面照度の測定概略図を示す。机上面の色はデジタル画像と同様にホワイトとブラックの2色で測定した。照度計を用いて机上面照度を測定した。机上面照度は図2のA~Dの各区画の4隅の点で4点照度法により照度を測定し、計10回の測定値の平均値から決定した。また机上面の光沢度が照度に与える影響を調べるために光沢計(HORIBA製・IG-320)を使用し、照度測定点と同じ場所まで光沢度を測定した。

4. 研究成果

(1) デジタル画像の輝度と机上面照度の比較結果

図5に黒色の机上面の測定区画に対するデジタル画像輝度と机上面照度との関係を示す。デジタル画像輝度と照度は光源から離れた区画になるほど照度が低下した。デジタル画像輝度と照度の相関係数は0.999という高い値が得られた。また黒色の机上面の平均光沢度は約6%となった。

図6に白色の机上面の測定区画に対するデジタル画像輝度と机上面照度との関係を示す。測定区画に対するデジタル画像輝度と机上面照度の関係は黒色の机上面とほぼ同様の変化を示した。デジタル画像輝度と照度の相関係数は0.994となった。また白色の机上面の平均光沢度は約7%となった。

表2にデジタル画像輝度と机上面照度の比を示す。黒色と白色の机の机上面照度は差がなかった。測定区画A,Bのデジタル画像輝度は黒色の机上面は白色机上面の約2倍の値となり、測定区画C,Dでは約6倍の値となった。

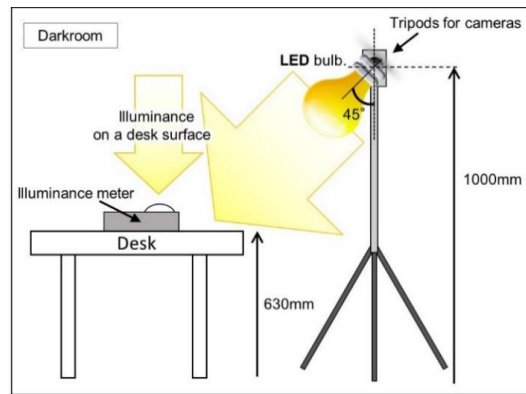


図4 机上面照度の測定概略図

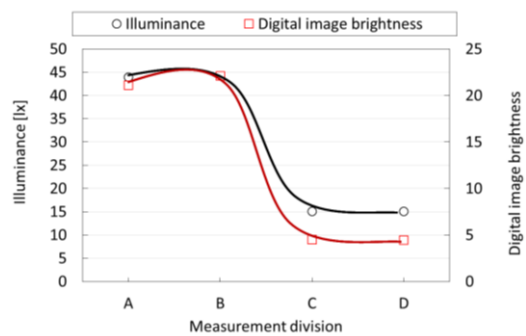


図5 黒色の机上面の測定区画に対するデジタル画像輝度と机上面照度との関係

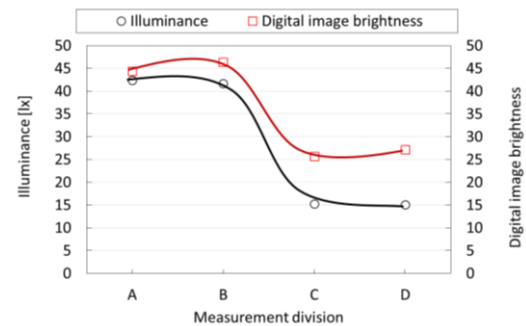


図6 白色の机上面の測定区画に対するデジタル画像輝度と机上面照度との関係

表2 デジタル画像輝度と机上面照度の比 (机上面照度÷デジタル画像輝度)

| 測定区画 | 黒(10 ⁻⁷) | 白(10 ⁻⁷) |
|------|----------------------|----------------------|
| A 区画 | 2.08 | 0.96 |
| B 区画 | 2 | 0.9 |
| C 区画 | 3.35 | 0.59 |
| D 区画 | 3.39 | 0.55 |

黒色机上面のデジタル画像輝度は画像を構成する画素の輝度値が0になるため、白色に対しての差が大きくなったと考えられる。

(2) 考察

相関係数は黒色机上面の方が高くなった。デジタル画像輝度は机の色情報を示し、机上からの反射光の情報を取得している。照度は測定面積に入射する光束量の割合を表す単位のため、光沢度が黒色よりも高い白色の机では反射輝度情報が多くなり相関係数が減少したと考えられる。

(3) 研究成果のまとめ

デジタルカメラを用いたLED照明の照度簡易計測手法の検討を行った結果、以下の成果が得られた。

- ① デジタル画像輝度と照度測定環境を構築した。
- ② 机上面照度とデジタル画像輝度の相関係数は0.99(黒色机で0.999、白色机で0.994)という高い値が得られた。

(4) 今後の展開

本研究の結果から白色机の光沢度は黒色机よりも約2%高く、光沢度の高さがデジタル画像輝度に誤差を生じさせたと考えられる。現実的に応用を検討する場合、測定環境は複雑であり光沢度の変化は著しい。したがって今後は「デジタルカメラで照度が測定できる環境の構築」を検討していく予定である。

<引用文献>

- ① 株式会社矢野経済研究所“照明市場に関する調査結果 2013”，<http://www.yano.co.jp/press/pdf/1142.pdf>
- ② 田口常正：“白色LED照明システム技術と応用”，株式会社シーエムシー出版，(2008)
- ③ 岩田利枝，塚見史郎：“CCDカメラの光環境計測への応用技術”，照明学会誌，Vol. 81，No. 3，pp246-249 (1997)
- ④ 三木洋平，宮原浩二：“デジタルカメラを用いた輝度計測手法の検討”，電子情報通信学会総合大会講演論文集，Vol. 2011，No. 2，p. 78 (2011)
- ⑤ T. Moore, H. Graves, M. J. Perry and D. J. Carter: “Approximate field measurement of surface luminance using a digital camera”, Lighting Research and Technology, Vol. 32, No. 1, pp1-11, (2000)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計2件)

- ① 坂本優大，安藤夏生，岡本健司，宇佐

美真，三栖貴行，一色正男，“デジタルカメラを用いた照度測定の検討”，情報科学技術フォーラム講演論文集 14(3)，pp. 223-226，(2015)。

- ② 小野寺諒，藤原颯馬，三栖貴行，“デジタルカメラを用いた照度計測環境の検討”，第38回照明学会東京支部大会講演論文集，p23，(2015)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三栖 貴行 (MISU, Takayuki)

神奈川工科大学・創造工学部ホームエレクトロニクス開発学科・准教授

研究者番号：80570572