

フルカラー照明実験室における照度および色度の制御方法の提案

竹中 智哉† 三木 光範† 上南 遼平‡‡ 中原 蒼太‡‡ 間 博人†

†同志社大学理工学部 ‡‡同志社大学大学院理工学研究科

1 はじめに

近年、室内における照明による光環境が人体に与える影響についての研究が広く行われている。これまでの光色の心理的影響では、快適性、室内雰囲気、作業行為、疲労感、食欲 [1] などの研究が行われている。様々な光色に照らされた食品に対する食欲の研究では、照度および色度を同時に制御できる実験室があることで、より多彩な実験データの取得が可能であると述べているが、照度および色度を同時に制御できる実験室が少ないことが課題として挙げられている。また、照度および色度を同時に制御する実験設備が整った場合であっても、任意の照度および色度環境を実現する時間を要すると、任意の照度および色度が人に与える生理的・心理的影響を調査する実験を効率的に行うことができないので、任意の照度および色度環境を高速に実現する照明制御手法が必要となる。本研究では、R(赤)G(緑)B(青)Y(黄)各色を1001段階のデジタル信号値で調光可能な照明(以後、フルカラーLED照明)を29灯設置することで照度および色度を同時に制御できる実験室を構築し、任意の照度および色度を高速に実現する手法を提案する。提案手法を用いることにより、任意の照度および色度が人に与える生理的・心理的影響を調査する実験の効率化を図る。

2 任意の照度および色度を実現する照明制御手法

本研究では、白色で初期点灯した状態から、目標の照度および色度を入力することで、データベースに保存してある情報の中で最も目標の照度および色度に近いRGBY信号値で一律に調光を行う。その後、照度値および色度値を取得可能な色彩照度計のフィードバックを基にフルカラーLED照明の信号値を変化させ、目標を達成するまで照明を制御する方法を提案する。照明の制御は確率的山登り法(Stochastic Hill Climbing:SHC)を用いる。設計変数をフルカラーLED照明の信号値とし、探索毎にフルカラーLED照明の信号値を微少に変化させ、目的関数の評価を繰り返すことにより最適な信号値探索を行う。本手法で用いる目的関数を式(1)のように定式化する。

$$F = |L_1 - L_2| + M\sqrt{(u'_1 - u'_2)^2 + (v'_1 - v'_2)^2} \quad (1)$$

L_1 :現在の照度 u'_1, v'_1 :現在の色度

L_2 :目標の照度 u'_2, v'_2 :目標の色度 M :重み

本研究では、色度の指標として、光源・照明関連などの分野で主に使用されている $u'v'$ 色度を用いた [2]。

目的関数 F は照度差と $u'v'$ 色度の色差導出式で構成されている。 $u'v'$ 色度は色度図内の色の変化が一様になるように対応しており、2点のユークリッド距離をとることで色差を表すことができる。

本研究で用意した実験室は外光がなく、データベースに保存したデータに対して、外光による大きな誤差が発生することはない。このことから、任意の照度および色度を実現する信号値を見つける手法として、あらかじめ事前実験を行い、任意の照度および色度を実現するRGBY信号値と、それに対する照度および色度をデータベースに保存しておく手法の有用性は高いと言えるが、以下のような課題が発生する。

- 照明器具の経年劣化・温度によるデータの誤差
- 1000⁴通りのデータの取得に要する時間が膨大

このことから、データベースに保存するデータ数を削減し、目標値までの誤差を最適化手法を用いて修正することにした。

3 データベースに保存する信号値の検討

3.1 検証実験の概要

本手法の適用条件として、データベースに保存するデータ数を決定するために、各信号値の照度および色度の関係性を明らかにする必要がある。そこで、各色RGBY信号値を100ずつ変化させ、11分割した総数11⁴通りの信号値の照度および色度を取得し、データベースに保存するデータ数の削減を検討する。

検証実験を行うため、フルカラーLED照明29灯と色彩照度計を用いて図1に示す実験環境を構築した。実験環境は、7.2m × 6.0m × 2.0mの空間であり、部屋の中央で床上0.7mの位置に色彩照度計を設置した。照明にはSHARP製のフルカラーLED照明を用いた。

3.2 検証結果

RGBY各色の信号値を11分割した際に取得した色度の分布図を図2に示す。図2の白丸はフルカラーLED照明の4原色の色度である。取得した結

Proposal of control method of illuminance and chromaticity in full-color illumination laboratory

† Tomoya TAKENAKA(ttakenaka@mikilab.doshisha.ac.jp)

† Mitsunori MIKI

† Ryohei JONAN

‡‡ Sota NAKAHARA

† Hiroto AIDA

Doshisha University (†)

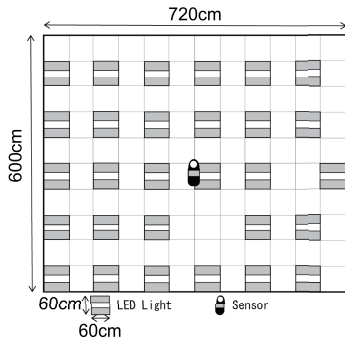


図 1: 実験環境平面図

果, $0.1 < u' < 0.3$ および $0.2 < v' < 0.5$ に偏った分布が見られた. 原因としては, 光の三原色の内, 青色と緑色の光が赤色の光に比べて波長が短く強いエネルギーを持っていることが考えられる. 実現可能範囲の任意の色度を実現するために分布が偏っているのは, 初期点灯信号値から目標の照度および色度を実現する時間がかかるため, 青色, 緑色の信号値をさらに細かく調光した色度 (約 50000 点) を取得し, 色度図上での分布を検証した. 取得した色度の分布図を図 3 に示す.

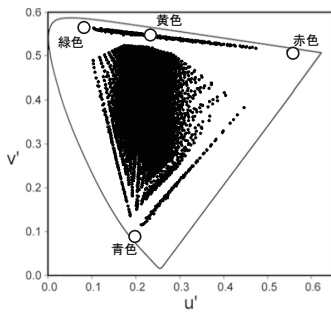


図 2: 信号値を 11 段階に分割した色度分布図

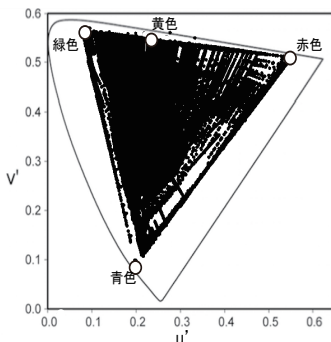


図 3: データベースに保存している色度の分布図

図 2 と比較して $u'v'$ 色度図上において色度分布の均等性が向上した. よって, これをデータベースに保存するデータとする.

4 提案手法の有効性検証実験

4.1 概要

提案手法の有効性を示すために実験を行う. 本検証実験は図 1 に示す環境で行った. 目標照度は 400 lx,

目標色度は $(u', v') = (0.10, 0.50)$ とした. 照度履歴および色度履歴より, 提案手法での実現時間および実現精度を検証する.

4.2 実験結果

提案手法を用いた照度履歴を図 4 に, 色度履歴を図 5 に示す. 図 4・5 より, 提案手法を用いた場合, 実験開始から 100 秒経過した時点での平均照度誤差は 8 lx, 平均色差は 0.005 となった. 人の認知できる照度の変化は目標照度の $\pm 7\%$ lx であり [3], JIS では目視で判別不可能な色差を 0.02 以下としているため [4], 本検証では, 照度誤差が 28 lx 以内, かつ色差が 0.02 以内であれば実現精度は高いと考える. 今回の結果では, すべてその条件を満たすこととなった. また, 実現時間は照度および色度ともに約 10 秒で実現する結果となった. 以上の結果から, 本手法を用いることで任意の照度および色度を高速に実現することが可能となり, 任意の照度および色度環境が人に与える生理的・心理的影響を調査する実験の効率化を図ることが可能となる.

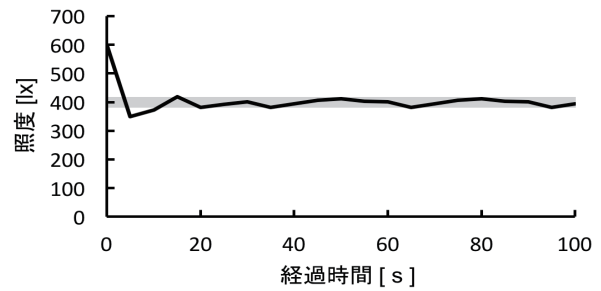


図 4: 提案手法の照度履歴

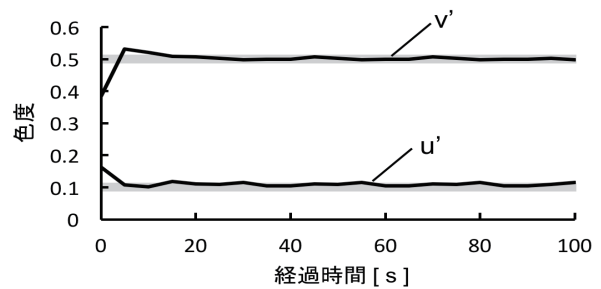


図 5: 提案手法の色度履歴

参考文献

- [1] 小林 茂雄: 鮮やかな光色で照明された食品に対する食欲, 日本建築学会環境系論文集, 第 74 巻, 第 637 号 p271-276, 2009.3
- [2] 山中俊夫, 色彩学の基礎, 文化書房博文社, 1997, p.96
- [3] 鹿倉智明, 森川宏之, 中村茂樹: 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, pp.346-351(2001)
- [4] JIS C 8155: 2010 LED modules for general lighting service-Performance requirements