

照明の照度および色温度を制約条件とした平均演色評価数の最大化

藤本 祥平

Shohei FUJIMOTO

1 はじめに

近年、オフィスの光環境を改善することで、知的生産性の向上に繋がることが報告されている¹⁾。光環境の中でも照度と色温度に着目した研究は多く行われており、一般的に集中的執務を行う際は高色温度、創造的な執務を行う際は低色温度の光環境が適していることが研究によりわかってきている^{2, 3)}。しかし、照度および色温度に加え演色性にも着目した研究は少ない。演色性にも着目することでより快適な環境を創造できるのではないかと考えられる。

そこで、本研究では照度および色温度を維持したまま最適化手法を用いて演色性を向上させる照明制御手法を提案する。演色性を数値化した指標である平均演色評価数に着目し、演色性が良い光環境の実現を目指す。

2 最適化手法を用いた照明制御

2.1 照明制御手法の検討

平均演色評価数は測定光源が基準光源に近いほど 100 に近づく。そのため、本研究では照度および色温度を維持したまま、平均演色評価数を 100 に近づける問題について考える。この問題は、与えられた制約条件付きの最適化問題として捉えることができる。すなわち、照度一定、色温度一定という制約条件のもとで、目的関数である平均演色評価数を最大化するという最適化問題である。しかし色温度、照度、平均演色評価数の3つの変数があるため、白色と電球色の組み合わせではこの問題を解くことはできない。そこで、実験では赤、緑、青および黄色の(以下 RGBY)の4つの変数を持つフルカラー LED 照明 (SHARP 製特別試作品) を用いて行う。

2.2 平均演色評価数を最大化するアルゴリズム

以下に最急降下法を用いた照明制御手法の流れを示す。

1. 初期値の取得
初期点灯状態の照度、色温度および平均演色評価数を取得する。
2. 降下方向の決定
RGBY の信号値をそれぞれ微量変化させ、それぞれの光度に対する平均演色評価数の勾配を算出し、降下方向を決定する。
3. 光度変化
降下方向にそれぞれの信号値を変化させ、変化後の

照度、色温度および平均演色評価数を取得する。

4. 照度の制約条件

制約条件を満たしている場合は次へ進む。初期点灯照度よりも現在照度が高い場合、照度を下げる必要がある。一律にすべての色の信号値を下げて良いが、より早く収束させるため、Ra が下がりにくい光度を下げる。すなわち 2 で取得した勾配がマイナスの方向の信号値を下げる。反対に初期点灯照度よりも現在照度が低い場合、照度を上げる必要がある。より早く収束させるため、Ra が上がりやすい光度を上げる。すなわちステップ 2 で取得した勾配がプラスの方向の信号値を上げる。これらの処理を制約条件を満たすまで行う。

5. 色温度の制約条件

制約条件を満たしている場合は次へ進む。初期点灯色温度よりも現在色温度が高い場合、赤と黄色の信号値を上げ、青と緑の信号値を下げる。反対に初期点灯色温度よりも現在色温度が低い場合、赤と黄色の信号値を下げ、青と緑の信号値を上げる。これらの処理を制約条件を満たすまで行う。

6. 次光度の決定

目的関数である平均演色評価数の値が増加している場合は現在の信号値を受理する。3~6 の処理を繰り返し行った後、2 へ戻る。

以上の動作を繰り返すことで平均演色評価数を向上させる。

3 検証実験

3.1 3 原色での平均演色評価数の最大化

照度および色温度を制約条件として、平均演色評価数向上するか検証を行う。本検証実験ではフルカラー LED 照明の黄色の光度を 0 とし、黄色の波長が含まれていない RGB の 3 原色での平均演色評価数の最大化を行う。また照度および色温度は色彩照度計から取得し、平均演色評価数はオーシャンフォトリクス製の分光分析器を用いてデータを取得した。

初期状態が照度 710 lx、色温度 6000 K、平均演色評価数 58 の状態の検証を行う。人間は ± 50 lx 以内の範囲であれば明るさの変化を感じにくいことから初期点灯

照度の± 50 lx を解の受理範囲とした。また、色温度に関しては、人間が5.5. ミレッド以内の範囲であれば色温度の変化を感じにくいことから、その範囲内である初期点灯色温度の± 50 K を解の受理範囲とした。平均演色評価数の推移を Fig.1 に、照度の推移を Fig.2 に、色温度の推移を Fig.3 に示す。

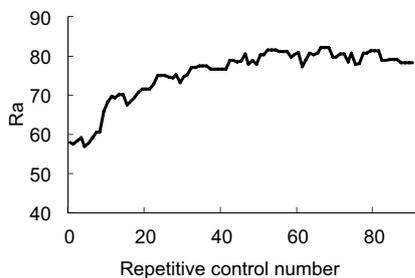


Fig. 1 平均演色評価数の変化 (3 原色)

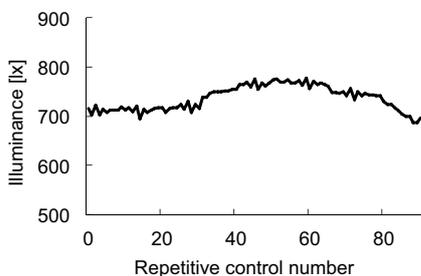


Fig. 2 照度の変化 (3 原色)

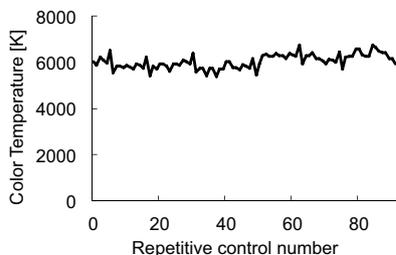


Fig. 3 色温度の変化 (3 原色)

Fig.1 から平均演色評価数が 58 から 80 まで向上し、演色性が高くなっていることがわかる。また Fig.2 および Fig.3 より色温度と照度の制約条件も満たしていることがわかる。

3.2 4 原色での平均演色評価数の最大化

本節では、黄色の波長も考慮した RGBY の 4 原色での平均演色評価数の最大化を行う。実験では本提案照明制御手法を用いて黄色の光度も考慮し、RGBY の 4 原色の場合でも、照度および色温度を維持したまま、平均演色評価数が向上するか検証する。実験は照度 1000 lx、色温度 4000 K、平均演色評価数 32 の光環境から行った。

平均演色評価数の推移を Fig.4 に、照度の推移を Fig.5 に、色温度の推移を Fig.6 に示す。

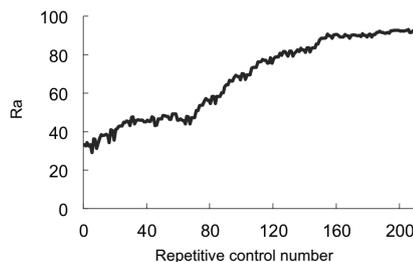


Fig. 4 平均演色評価数の変化 (4 原色)

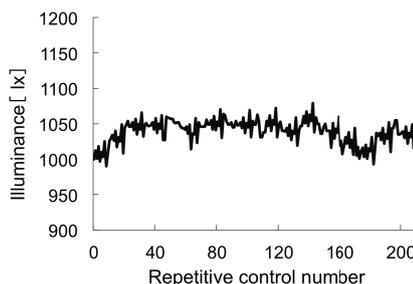


Fig. 5 照度の変化 (4 原色)

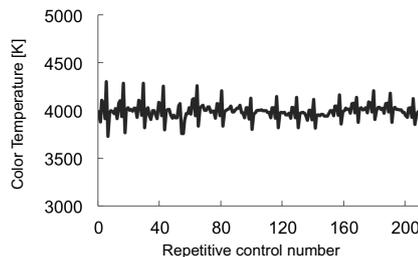


Fig. 6 色温度の変化 (4 原色)

Fig.4 と Fig.1 の RGB の 3 原色を用いた場合と比較すると平均演色評価数が 10 高く、黄色の波長を用いることでより平均演色評価数を向上させることが可能であるとわかる。この最適化手法を用いることで、照度および色温度を維持したまま演色性を向上させることができ、より快適性の高い照明環境を創造することが可能となることがわかる。

参考文献

- 1) 大林史明, 富田和宏, 服部揺子, 河内美佐, 下田宏, 石井裕剛, 寺野真明, 吉川榮和. オフィスワークの生産性向上のための環境制御法の研究 照明制御法の開発と実験的評価. ヒューマンインターフェース, 2004.
- 2) 戴 倩穎, 井上 学, 下村 義弘, 岩永 光一, 勝浦 哲夫. オフィス空間における照明色温度の日内変動が生理心理機能に与える影響. 日本生理人類学会誌, Vol. 5, pp. 12-13, 2000.
- 3) Kruithof, A.A. Tubular Luminescence Lamps for General Illumination. *Philips Technical Review*, Vol. 6, pp. 65-96, 1941.