
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[†], 三木 光範^{††}, 吉見 真聡^{††}, 十場 嵩[†]

同志社大学大学院[†], 同志社大学理工学部^{††}

1 はじめに

最近, 省エネルギーかつ長寿命なLEDに注目が集まっている. しかしLEDはものによって光の特性が大きく異なり, またLEDで省エネルギーを実現しようとするとう演色性が悪くなる傾向がある. 一方でオフィスの光環境では照度および色温度を変化させることで知的生産性が向上し, より快適な環境を創造できることが報告されている¹⁾. 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行われていない. 演色性も向上させることでさらに快適性の高い空間を創造できると考えられる.

そこで, 本研究では色温度および照度を維持したまま演色性を向上させる照明制御方式を提案する. すなわちLEDを用いて色温度および照度を制約条件とし, 部屋の演色性を向上させる照明制御方式を提案する.

2 平均演色評価数

演色性の判断基準を数値化したものとして, 平均演色性評価数 (Ra) がある. 平均演色評価数は試験光源と基準光で照らした色差を数値化し平均したものであり, 100に近いほど演色性が良いと判断される²⁾. 本提案アルゴリズムでは平均演色評価数を最大化することで, 演色性が高い空間を実現する照明制御方式を提案する.

3 平均演色評価数を最大化する方法

平均演色評価数の最大化は, 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. 最適化問題を解く手法には, 数理計画法や進化的最適化法がある. 進化的最適化法は環境条件の変化については強いが, 今回は条件を決めて一つの問題を解けば良いので数理計画法を用いる. しかし, 平均演色評価数および色温度は関数として表すことはできず, 実験データとしてでしか得ることができない. そのため実験的に勾配ベクトルを求める必要がある. そこで提案アルゴリズムではSHARP製フルカラーLEDを用いることを想定し, 赤, 緑, 青および黄色の信号値 (以下RGBY) を微量変化させることで, 各設計変数に関する勾配を算出する数値微分を用いる. 例えば赤に関する勾配を算出する場合, 赤の信号値を微量増加させた場合と微量減少させた場合との平均演色評価数の値を比較し, 降下方向の決定を行う. また数理計画法には様々な手法が存在するが, ここでは1階微分を用いる簡便な手法であり, 目的関数の勾配が最も大きい方向に探索を進める最急降下法を用いる. 以下に制御アルゴリズムの流れを示す.

1. 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. RGBYの信号値をそれぞれ微量変化させ勾配ベクトルを算出し, 降下方向を決定する.
3. 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. 照度の制約条件の処理を行う. 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, 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, 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. 全体の信号値を下げるのではなく, 信号値の勾配を考慮することで, より速い収束が実現可能である.

5. 色温度の制約条件の処理を行う。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. 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。
7. 3~6の処理を3回繰り返し、2へ戻る。

以上の動作を繰り返すことで、照度と色温度を維持したまま平均演色評価数を向上させる。なお平均演色評価数の値が更新されるまでを1制御とする。

4 検証実験

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を行う。実験ではRGBYから成るフルカラーLED照明（SHARP製特別試作品）を用いた。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ンクス製の分光分析器を用いてデータを取得した。なお、照明の制御は個別ではなく一括で行う。また実験は外光の影響を受けないようにするために、窓のない空間で行った。初期状態は一般的なオフィス環境である照度750 lx、色温度4200 Kとして検証を行った。また人間は±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、色温度に関しても初期点灯色温度の±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、色温度の推移をFig.2に、照度の推移をFig.3に示す。なお1制御に要する時間は10秒である。

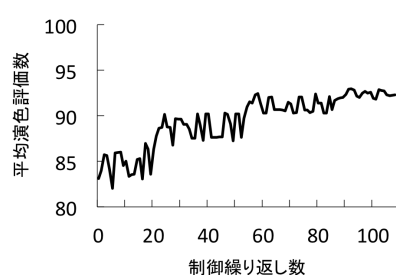


Fig. 1 平均演色評価数変化

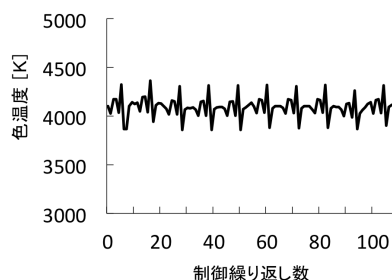


Fig. 2 色温度変化

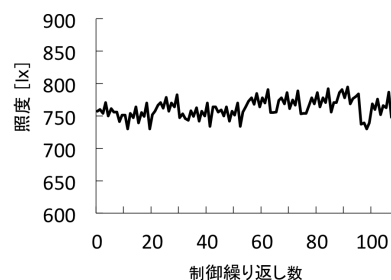


Fig. 3 照度変化

Fig.1から平均演色評価数が93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。色温度の変化が生じている箇所は、勾配ベクトルを取得する際に、信号値を変化させているためである。このアルゴリズムを用いることで、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。

参考文献

- 1) 三木 光範, 小野 景子, 吉見 真聡, 西本 龍生, 近江 哲夫, 足立 宏, 秋田 雅俊, 笠原 佳浩:LED照明を用いた知的照明システムの実オフィスへの導入. 電気学会論文誌. 131. 321-327. 2011
- 2) 光源の光色と演色性. <http://www2.panasonic.biz/es/lighting/plam/knowledge/pdf/0107.pdf>