

# 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、オフィスなどの執務空間における、オフィスワークの快適性や創造性、知的生産性の向上に注目が集まっており、オフィス環境のなかでも光環境がその大きな要因となることがわかっている<sup>1)</sup>。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<sup>2)</sup>、また、オフィスワークの仕事内容や好みなどによって求められる光の明るさは異なるという研究結果も報告されている<sup>3)</sup>。

一方で、光の色である色光も考慮することで執務環境の快適性が向上させる研究も行われており<sup>4)</sup>、光の質である平均演色評価数に関しても重要視されてくるのではないかと考えられる。

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アルゴリズムを提案する。すなわち、オフィスワークの仕事内容や好みなどによって求められる照度や色温度を維持しつつ、演色性の向上を目指す。

## 2 演色性に関する先行研究

人が物体を見る時、その物体の色の見え方は光源によって異なる。このような物体の色の見え方に及ぼす光源の特性のことを演色性という。演色性が高いほど、自然光で照らされたときの色に近く見える。すなわち、演色性が高い方が色の区別を明確にすることが可能になる。

演色性の評価で用いる試験色のうち、1 から 8 の試験色での測定光源と基準光源で照らした場合のそれぞれの色差を平均したものを平均演色評価数という。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、平均演色評価数を高くすることで演色性が高くなり、より快適な環境を実現できると考えられる。本研究では平均演色評価数を 100 に近づける照明制御アルゴリズムを提案する。

## 3 数理計画法を用いた制御アルゴリズム

### 3.1 制御アルゴリズムの検討

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 を用いて、赤、緑および青の信号値 (以下 RGB) 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。以上のことから、数理計画法を用いて、照度および色温度を制約条件とした平均演色評価数最大化のアルゴリズムを提案する。

### 3.2 平均演色評価数を最大化するアルゴリズム

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。以下に最急降下法を用いた制御アルゴリズムの流れを示す。

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  
RGB 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  
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  
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、赤の信号値を下げる、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3回繰り返し、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。

## 4 検証実験

### 4.1 実験概要

フルカラーLED照明（SHARP製特別試作品）を用いてRGBの3原色での平均演色評価数の最大化を行う。実験では初期状態が照度710 lx、色温度6000 K、平均演色評価数65の状態の検証を行った。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±200 Kを解の受理範囲とした。なお、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。

### 4.2 実験結果

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。なお1ステップに要する時間は10秒である。

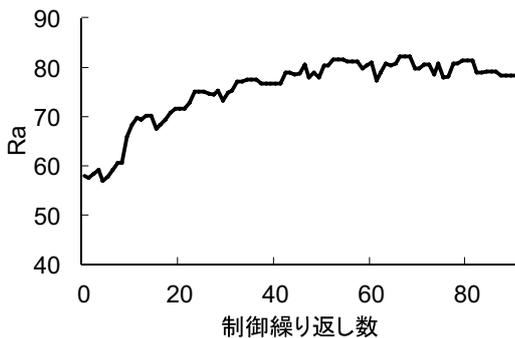


Fig.1 平均演色評価数変化

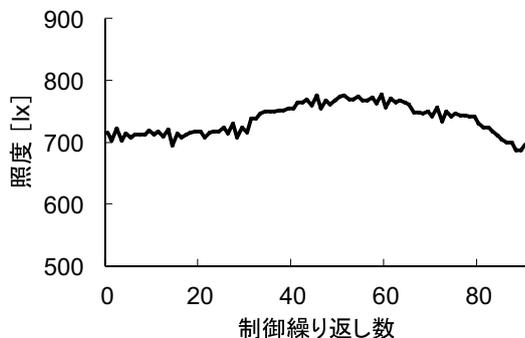


Fig.2 照度変化

図1から平均演色評価数が80まで向上し、演色性が高くなっていることがわかり、本アルゴリズムを用いるこ

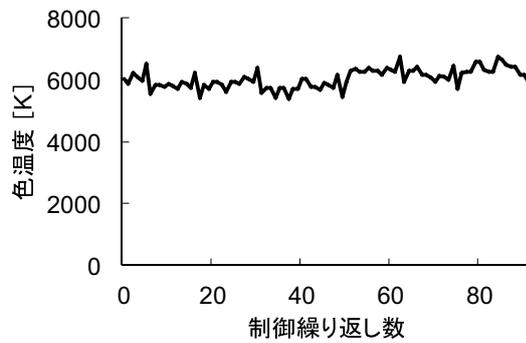


Fig.3 色温度変化

とで3原色の場合でも演色性の高い照明環境を実現できることがわかる。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。

## 5 今後の展望

上記の実験結果からもわかるように、本提案照明制御手法を用いれば、任意の照度および色温度を維持したまま、平均演色評価数を向上できることがわかった。今回は波長の異なる3原色の照明を用いたが、4原色のを用いた場合の平均演色評価数の向上も確認している。そのため、今後は用いる光源の波長を数を増やし、上記実験結果との比較を行う。

また、省エネルギーに注目が集まっている近年では、天井照明とタスクライトを併用した環境が多く創造されているため、タスクライトとの組み合わせ照明を用いた場合のシステムの有効性の検討が必要であると考えられる。

## 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クティブティ改善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 5, 2000.
- 3) 小林弘造, 北村規明, 田辺新一, 西原直枝, 清田修, 岡卓史: コールセンターの室内環境が知的生産性に与える影響, 空気調和・衛生工学会学術講演大会論文集, 2005.
- 4) 三木光範, 鈴木真理子, 吉見真聡: 色度図上における人間の許容照明環境領域, 照明学会全国大会講演論文集, 2011.