

照明の照度と色温度に対する執務者の満足度の評価と満足度を最大化する知的照明システム

坂東 航

Wataru BANDO

1 はじめに

我々はオフィスにおける執務者の執務快適性や知的生産性の向上を目的とした知的照明システムの研究を行っている¹⁾。知的照明システムは各執務者が要求する照度および色温度を最小の消費電力で実現する。しかし、隣接する執務者が大きく異なる照度および色温度を要求した場合、使用する照明の配光特性と設置間隔及びオフィスレイアウトの関係により、各執務者が要求する照度および色温度を同時に実現できないことがある。

一方で、執務における照度・色温度を含む光環境の許容領域には個人差があることがわかっている²⁾。これより、執務者が満足と感じる照度・色温度領域にも個人差があると考えられる。そこで本研究では、執務者が照度と色温度に対して感じる満足度の指標である満足度を導入する。そして、目標照度および色温度が実現できない場合に全執務者の満足度の合計が最大となるように照明を制御する手法を提案する。

2 満足度を最大化する知的照明システム

執務者が執務において満足できる照度・色温度の領域には個人差があると考えられる。ここで、満足できる領域が広い執務者の目標照度および色温度の実現精度を満足度が下がらない範囲で下げること、満足できる領域が狭い執務者の目標照度および色温度の実現精度を上げることができると考えられる。また、それにより全執務者の満足度の合計は向上すると考えられる。そこで本研究では、目標照度と色温度が実現できない場合に全執務者の満足度の合計が最大となる照明の制御手法を提案する。提案する全執務者の満足度の合計を最大化するアルゴリズムを以下に示す。

1. 執務者の中で満足度が最も高い執務者を選択する
2. 選択した執務者の目標照度および色温度を満足度が下がらない範囲で中照度・中色温度になるよう変更する
3. 数理計画法により目標照度および色温度を実現する
4. 全執務者の満足度の合計を判断する
5. 同じまたは上がっていた場合、1.に戻る
6. 下がっていた場合、元の状態に戻して1.に戻る

執務者の照度と色温度に対する満足度は SD 法に基づいて満足から不満まで 5 段階で評価する。また、執務者が評価した満足度を Support Vector Machine(以下, SVM) を用いて学習することで評価をしていない照度と色温度に対する満足度の推定を可能にする。

3 満足度の取得実験

3.1 実験概要

執務者として眼疾患を有さない 21~22 歳の男性 3 名(以下, 被験者 A, B, C)に対して実験を行い、照度と色温度に対する満足度の取得を行う。実験環境を Fig. 1 に示す。実験中、被験者はデスクに座り紙面作業としてテキストの読書を行う。被験者は実験の始めに選好照度と選好色温度を選択し、満足度 5 の基準とする。その後、机上面の照度と色温度をランダムに変化させ、3 分間の順応後、満足度の評価を行う。満足度を取得する対象となる机上面の照度と色温度は照度が 100 lx~1000 lx までの 50 lx 刻み、色温度が 3000 K, 3500 K, 4200 K, 5000 K, 6500 K である。

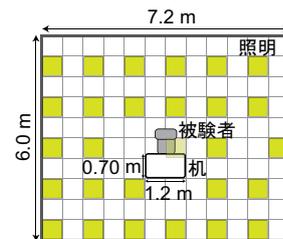


Fig.1 実験環境

3.2 実験結果および考察

実験により取得した被験者 A の満足度を Fig. 2 に示す。Fig. 2 より、低照度の方が満足度が高くなる傾向が見られる。また、被験者によって満足度が 5 となる点の数が異なった。このことから、照度と色温度に対して満足を感じる領域には個人差があることが確認できた。

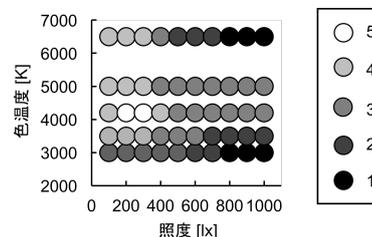


Fig.2 被験者 A の満足度

4 満足度の推定

4.1 推定方法

取得した満足度を学習データに使用し、照度と色温度を特徴量として SVM により満足度の推定を行う。SVM の

カーネルは RBF カーネルを用い、パラメータ C , γ はグリッドサーチにより各被験者ごとに求める。また、照度と色温度の絶対値に差があるため、照度と色温度を 0-1 スケーリングにより標準化を行う。

4.2 有効性の検証

被験者 A の SVM による推定結果を Fig. 3 に示す。SVM を用いた満足度の推定による満足度評価の有効性の検証を行う。学習に用いていない照度と色温度の組み合わせ 20 点に対する満足度をテストデータとして 3 日間分取得し、SVM によって推定した満足度と比較し推定精度の検証を行う。3 日間分のテストデータに対する満足度の推定精度を Table 1 に示す。Table 1 より、3 日間分のテストデータに対して最大で 85 %、最小で 75 % の推定精度を実現した。日によって精度が変化している原因としては、満足度の評価の基準がずれてしまい外れ値が発生してしまったことが考えられる。しかし、3 日間で全て異なった満足度を推定したテストデータはなかったため、満足度は正しく推定できていると考えられ、SVM による満足度の評価は有効であることがわかった。

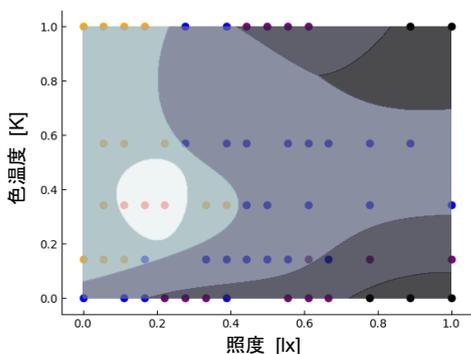


Fig.3 被験者 A の推定結果

Table1 3 日間分のテストデータに対する推定精度

被験者	1 日目	2 日目	3 日目
A	85 %	85 %	80 %
B	75 %	80 %	80 %
C	80 %	75 %	75 %

5 検証実験

5.1 概要

満足度の向上における提案手法による有効性を示すため、模擬オフィスを想定したシミュレーション環境を構築し検証実験を行う。構築したシミュレーション環境を Fig. 4 に示す。執務者は 6 人を想定し、照明 6 灯の環境に 6 台のデスクを対抗島型で設置し、それぞれのデスクに図のように実現が困難になる目標照度と目標色温度を設定する。設定した目標照度と目標色温度に対して従来手法と提案手法により照度・色温度収束シミュレーションを行い、満足度評価により従来手法と提案手法による満足度の検証を行う。

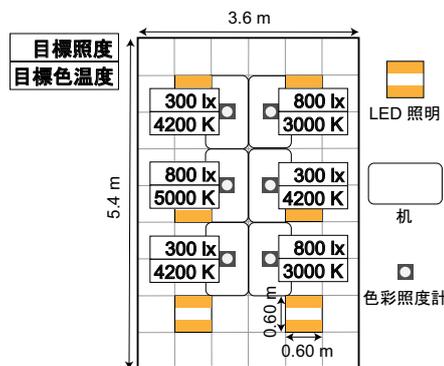


Fig.4 シミュレーション環境

5.2 結果および考察

照度・色温度収束シミュレーション後の満足度の結果を Fig. 5 に示す。結果より、従来手法と比較して提案手法により 6 人中 3 人の執務者の満足度が向上し、満足度の合計が 19 から 22 に向上した。これより、提案手法を用いることで全執務者の満足度の合計が向上することを確認した。

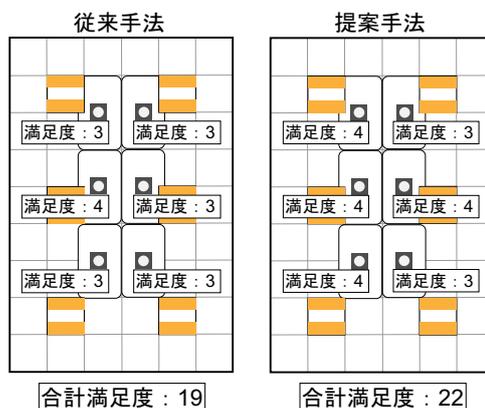


Fig.5 シミュレーション結果

6 結論および今後の展望

本研究では執務者が光環境に対して感じる満足度を被験者実験と SVM を用いて推定する手法を提案し、検証実験により推定による満足度評価の有効性を示した。また、知的照明システムが照度と色温度を実現できない条件下で満足度を最大化する照明制御方法を提案し、シミュレーション環境により提案手法が従来手法と比較して満足度の向上に有効であることを示した。

今後の展望として、照度が下がっても満足度が変わらない執務者がいたことから、満足度が下がらない範囲で消費電力を下げる照明制御方法についての検討も行う。

参考文献

- 1) 三木光範, 知的システムと知的オフィス環境コンソーシアム, 人工知能学会誌, Vol.22, No3(2007), pp.399-410.
- 2) 鈴木真理子, 色度図上における人間の許容照明環境領域, 照明学会誌, 第 96 巻, 第 5 号, pp.279-285(2012).