

光度と色温度を連動制御することで執務者ごとに個別照度、色温度環境を実現する照明制御システム

Lighting control system to realize individual illuminance, color temperature environment for each office worker with the luminance and color temperature linked control

長野 正嗣*
Masashi Nagano

三木 光範†
Mitsunori Miki

吉見 真聡†
Masato Yoshimi

1. はじめに

近年、オフィス環境を改善することによって、オフィスワーカーの知的生産性の向上を求める声が高まっている。我々は、オフィス環境の中でも、オフィスの光環境に着目し、任意の場所にユーザの要求する明るさ（照度）を提供する知的照明システムを提案している [1]。

光環境の要素には、照度以外にも輝度や光の色などがあるが、特に光の色（色温度）を改善することで、知的生産性の向上を見込むことができると報告がなされている [2]。色温度の制御に着目した研究では、知的照明システムに色彩照度計を組込むことによって、ユーザに個別の照度、および色温度を提供することが可能であると報告がなされている [3]。しかしながら、色彩照度計は高価であり、実オフィスに導入した知的照明システムでは、照度センサのみを用いて制御を行っており、色温度の制御は、ユーザが照明ごとに手動で設定を行なっている。

本研究では、色彩照度計を用いず、執務者が快適に感ずる照度および、色温度を提供するシステムを提案する。

2. 知的照明システム

知的照明システムは、ユーザに任意の明るさを提供し、省エネルギーを実現するシステムである。知的照明システムの構成要素として、照明、制御装置、照度センサおよび電力計がある。ユーザは照度センサを机上面に設置し、照度センサに目標照度を設定することで、各照明は明るさをランダムに変化させ、それを繰り返すことで最適な点灯パターンを実現する。知的照明システムは山登り法を照明制御に適応したアルゴリズム (Adaptive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient: ANA/RC)[4]を用いる。

3. 光度と色温度を連動した照明制御システム

3.1 快適空間における照度と色温度の関係

照明と色温度が室内の雰囲気的好ましさに及ぼす効果について、好ましい光の色温度は照度と関係があるとされている [5]。図 1 は、横軸が色温度、縦軸が照度を示し、2 本の実線で囲まれた領域が快適であり、それ以外の領域は、不快であるということを示している。図 1 から読み取れるように、低照度では、低色温度、高照度では、高色温度が好ましいという傾向があると報告されている。

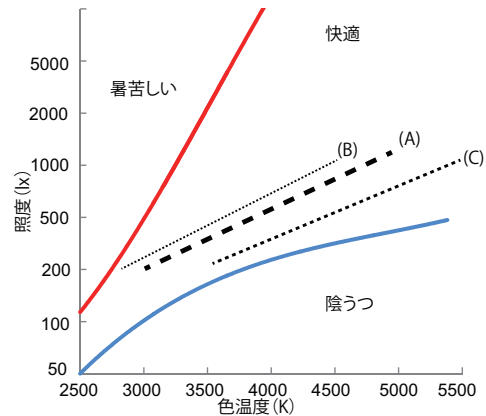


図 1: 照度と色温度の快適領域

また、室内空間における、照度と色温度の関係は、所作に応じて異なると報告されている [6]。提案手法では、個々のユーザが目標色温度を入力するのではなく、図 1 に示すいくつかの破線上の照度と色温度の関係を執務内容や時刻に応じて選択して制御を行う。

3.2 光度と色温度の対応付け

提案手法では、2. 章で述べた ANA/RC によって導出された光度を基に点灯色温度の制御を行う。本節では、図 1 の破線 (A) を例に、光度と色温度の対応付けの手法について述べる。前提条件として、オフィスにおいて求められる照度は、300 lx~800 lx 程度であるため、その範囲を実現する照度幅とする。

破線 (A) において、300 lx で求められる色温度は、約 3000 K、800 lx で求められる色温度は、約 4700 K である。そのため、4 灯で 300 lx および 800 lx を満たすために必要な 1 灯の光度をそれぞれ 3000 K、4700 K と対応付けた。なお、4 灯の点灯光度で照度を満たす理由は、知的照明システムでは、センサ付近 4 灯の照明を用いてセンサの目標照度を実現するケースが多いためである。

図 2 の照明 4, 5, 7, 8, およびセンサ A を用いて 300 lx および 800 lx の際、必要な 4 灯の点灯光度を調査した結果、300 lx を実現するためには、4 灯それぞれ 540 cd、800 lx を実現するためには、それぞれ 1500 cd となった。そこで、540 cd を 3000 K、1500 cd を 4700 K で対応付け、その間の光度と色温度の関係を線形に結び、点灯光度に応じて点灯色温度の対応付けを行った。

*同志社大学大学院
†同志社大学理工学部

4. 光度と色温度を連動した照明制御システムの検証実験

4.1 システムの構築

3. 節で述べた光度と色温度を連動した照明制御システムを同志社大学内の実験スペースに構築した。本システムの領域は、5.4 m × 6.0 m を占め、壁面には暗幕を設けた。また、3100 K ~ 4700 K まで調光可能な LED 照明を 9 灯、色彩照度センサ 3 台を設置した。構築した環境の平面図を図 2 に示す。

4.2 検証実験

構築したシステムの動作実験を行う。異なる領域に異なる目標照度を設定した際の、照度の収束状況、および色温度の収束状況を実験検証する。今回、目標とする照度と色温度の関係は図 1 の破線 (A) とする。それぞれの照度センサの目標照度、色温度を図 2 に示す。この環境で、初期点灯光度を、最大点灯光度の 90 % とし実験を行った。

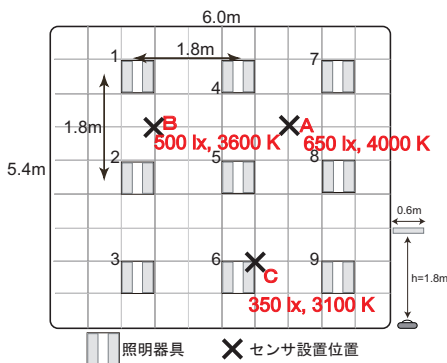


図 2: 実験環境

4.3 実験結果

照度の推移を図 3 に示す。横軸が時間、縦軸が照度を表す。また、色温度の推移を図 4 に示す。横軸は時間、縦軸は色温度を表す。図の直線は、それぞれのセンサの目標値を示す。収束後の点灯光度と点灯色温度を図 5 に示す。各照明を中心とした円の大きさが各照明の鉛直下方方向の光度を、各照明の真下に記されている色温度を各照明の色温度とする。

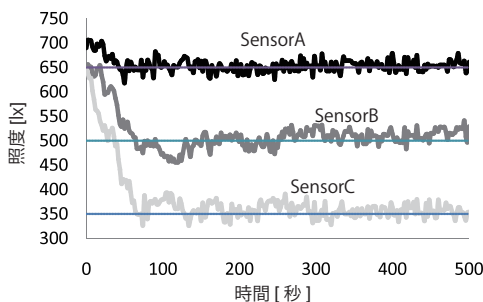


図 3: 照度推移

4.4 考察および今後の展望

実験結果より、SensorA および SensorB では、図 1 の破線 (A) を満たしていると言える。しかし、SensorC は、

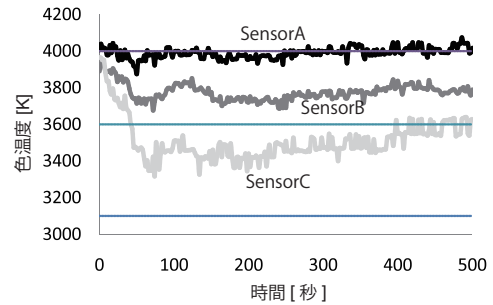


図 4: 色温度推移

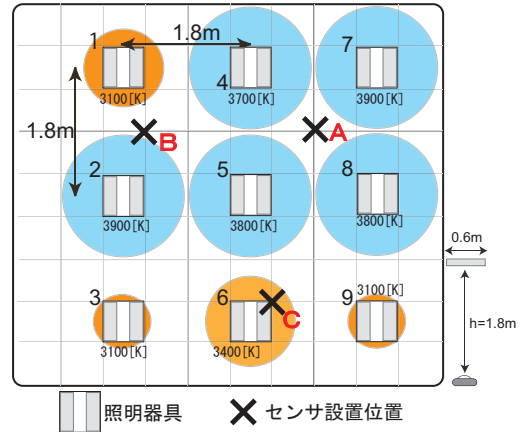


図 5: 照明の点灯光度および色温度

破線 (A) の照度と色温度の関係を満たすことができなかった。図 5 より、SensorC の目標照度が 350 lx であるのに対し、照明 5 および照明 8 が高色温度、高光度で点灯しているため、SensorC の色温度が比較的高く制御される結果となった。今回、2. 節で説明した、知的照明システムにおいて、点灯光度に対して色温度を対応付けることで、最適な色温度を提供する試みを行ったが、今後は、点灯パターンの制御も同時に行う必要があることがわかった。また、3.2 節で述べた、光度と色温度の関連付けを見直す必要がある。今回示した破線だけでなく、kruithof が示した快適領域内でどの関係が快適があるかを今後検討する必要がある。

参考文献

- [1] 三木光範, 知的照明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, pp399-410, 2007
- [2] 大林史明ら, オフィスワークの生産性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シンポジウム 2006, Vol.1, No.1322, pp.151-156, 2006
- [3] 三木光範, 谷口 由佳ら, 照度・色温度可変型照明システムの構築と執務における最適な照度および色温度, 情報科学技術フォーラム講演論文集 9(3), 523-524, 2010-08-20
- [4] 後藤和宏, 知的照明システムのための回帰係数を用いた自律分散最適化アルゴリズム, 照明学会全国大会講演論文集, Vol.40, pp.123-124, 2007
- [5] A.A.Kruithof, Tubular Luminescence Lamps for General Illumination, Philips Technical Review 6, pp.65-96, 1941
- [6] 高橋ら, 照明の色温度と照度とが室内環境評価に及ぼす効果, 医療福祉研究 2, 30-36, 2006