

指定した場所の目標色温度を簡易的に実現する知的照明システム Intelligent Light System Providing Target Color Temperatures

三木 光範* 廣安 知之† 吉見 真聡* 増田 竜也‡ 鈴木 真理子§
Mitsunori Miki Tomoyuki Hiroyasu Masato Yoshimi Tatsuya Masuda Mariko Suzuki

1. はじめに

近年、オフィスにおける光環境の改善による、快適性や知的生産性の向上が注目されている。また、光環境が人に与える影響についての研究が行われている。光環境の要因には、照度、光色、および演色性などがある [1]。このような背景から、我々は個々のオフィスワークに合わせて個別の照明環境を提供する知的照明システムを提案している [2]。

本研究では、オフィスの照明における色温度を考える。現在の知的照明システムでは、各照明の色温度についてはユーザが個別に変更可能であるが、指定した場所に任意の色温度を提供することはできない。

そのため、本研究では目標色温度を入力するだけで指定した場所に簡易的に色温度を提供する手法を考案する。

2. 知的照明システムと色温度

知的照明システムは、各ユーザが必要とする照度を提供することで、オフィスにおける知的生産性の向上を図ることを目的としたシステムである [2]。色彩照度計を用いることにより、指定した場所に任意の色温度を提供することは可能であるが、色彩照度計は高価なため、ユーザごとに設置するのは困難である。そのため、色彩照度計を使用せず、簡易的な手法により色温度を実現するシステムを作る。

色温度とは、光源の光の色と、同じ光の色を完全黒体が放射するときの温度で、単位は絶対温度 K(ケルビン) が用いられる。色温度は低いほど赤みがかった色に、高いほど青白い色に近づく。色温度が人に与える影響として、低色温度ではリラックスでき、創造的な執務に適している。それに対して、高色温度では集中でき単純作業に適していることが報告されている [3]。以上のことから、色温度が人に与える影響は大きいと考えられる。

そのため、知的照明システムに、各ユーザが要求する色温度を提供するシステムを加えることで、知的生産性の向上が期待できる。

3. 簡易的に目標色温度を実現する手法

各ユーザが要求した色温度を簡易的に実現する手法について述べる。ある地点の色温度を光度から求める関係式が現在確認されていないため、以下のルールにより、照明の色温度を設定する。

- ユーザが設定した目標色温度を実現する場合、各ユーザに対し、ある一定の距離に存在する照明を制御する。

- 各ユーザが制御したい照明が重複する場合、該当する照明の色温度は各ユーザが設定する色温度の平均値を用いる。
- ユーザ同士が近接する場合、かつユーザが設定する色温度が異なる場合、照明の色温度を設定値より増減させる。ユーザ同士を比べ、設定値が高い方を設定値より増加させ、低い方を設定値より減少させる。
- 光源からの鉛直下方向としたときの光度を一定とする。
- 以上のルールに該当しない照明がある場合は、色温度で点灯する。

提案手法を検証するため、各 30 灯の昼白色/電球色蛍光灯、制御用 PC、調光信号発生装置で構成される実験を行う。各 1 灯ずつを 1 組とし、1 つの照明とする。図 1 に天井面から見た場合の実験環境を示す。

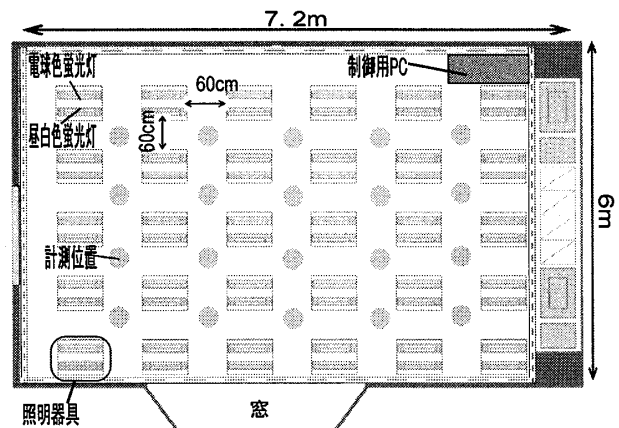


図 1: 実験環境 (平面図)

2 灯の異なる色温度の光源をもつ照明を用いて、その点灯比率を制御することで、任意の色温度を提供する。最大点灯光度 (鉛直下方) は 1000[cd] とする。

なお、色温度の異なる光源が同時に点灯している場合は、各光源の光度の比率を調節することによって、色温度を制御する。1 灯は電球色蛍光灯を、もう 1 灯は昼白色蛍光灯を用いる。それぞれ、色温度は 3000[K]、4600[K] のものを使用する。各蛍光灯は調光信号発生装置と接続され、調光信号発生装置は制御用 PC と接続されている。制御用 PC で調光信号を制御することで、光度制御を行っている。

ここでは、制御用 PC が出力するデジタル信号によって蛍光灯の光度が制御され、電球色蛍光灯と昼白色蛍光灯

*同志社大学理工学部
†同志社大学生命医科学部
‡同志社大学工学部
§同志社大学生大学院

灯による点灯比率により、任意の色温度を提供する。表1に色温度と昼白色蛍光灯(および電球色蛍光灯による)の点灯比率の関係を示す。

表1: 各蛍光灯の点灯比率による色温度

電球色蛍光灯 [%]	昼白色蛍光灯 [%]	色温度 [K]
100	0	3000
95	5	3200
70	30	3300
59	61	3400
52	48	3500
45	54	3600
39	61	3700
28	70	3800
5	95	3900
0	100	4600

各照明の光度を具体的な方法で決めるのは次の通りである。

1. 初期設定(ユーザの人数および位置)
2. ユーザが目標色温度の設定
3. ユーザの位置をもとに、制御する照明の決定
ユーザを中心とする2[m]以内の距離にある照明が含まれるものを制御する
4. ユーザ間の距離による色温度の増減を算出
ユーザ間の距離が、2.4[m]以内の場合、設定色温度を比較し、高い方を200[K]増加させ、低い方を200[K]減少した色温度を設定する。
5. 各照明に設定された色温度から、各蛍光灯の光度比率を算出
6. 各蛍光灯の光度の導出
7. 光度から信号値へと変換および各照明を点灯

4. 構築システムの動作実験

任意の計測位置において、要求された色温度が実現できるか、動作実験を行った。センサの位置を図2および図3に示す。実際の色温度は、色彩照度計を用いて計測した。

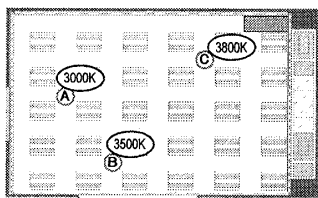


図2: 設定1

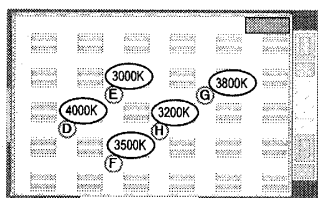


図3: 設定2

各センサ位置の設定色温度、実測色温度および誤差を表2に示す。この実行結果をもとに、構築システムの目標色温度との誤差について検証した。

表2: パターンによる場所、設定値、実測値および誤差

パターン	場所	設定色温度 [K]	実測色温度 [K]	誤差 [K]
設定1	A	3000	3075	+75
	B	3500	3435	-75
	C	3800	3761	-39
設定2	D	3800	3537	-263
	E	3000	3330	+330
	F	3500	3511	+11
	G	3800	3581	-219
	H	3200	3441	+221

表2より設定1では、設定値と実測値による誤差は少なく、最大で70[K]程度の誤差が生じた。A地点とB地点では、ユーザ間の距離が近いが、目標色温度を満たしていることが確認できた。設定2では、各ユーザの距離が近く、目標色温度も大きく異なるため、設定値より大きな誤差が生じた。要求された色温度の平均が3460Kであり、どこの箇所からも均一の色温度が得られた。部屋が均一の色温度になることと等しい結果となった。

以上の2つの実験結果から、提案手法は、要求する色温度に対して簡易的に実現できることが確認された。しかし、ユーザが多く、要求される色温度が大きく異なる空間内では、実現できる色温度の範囲は狭くなる。

本研究では、光環境の光色に着目し、指定した場所に目標色温度を簡易的に実現するシステムの構築を行い、システムの有効性が示された。ユーザが密集し、かつ異なる色温度を要求した場合、要求された色温度の平均に近い値が空間に広がる。

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] 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, No.3(2007), pp.399-410, 2007
- [3] Kruithof, A. A.: Tubular luminescence lamps for general illumination, Philips Tech. Review, 6, pp 65-96, 1941