

# 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

長野正嗣

## 1 はじめに

近年, オフィス環境を改善することによって, オフィスワークの知的生産性の向上を求める声が高まっている。知的生産性の向上のためには, 適切な明るさを提供することによる照明環境の改善が有効であるという報告がなされている<sup>1)</sup>。そこで我々は, 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<sup>2)</sup>。照明環境の要素には, 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)の改善による知的生産性の向上が注目を集めている<sup>3)</sup>。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されている<sup>4)</sup>。しかしながら, 色彩照度計が高価であり, 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なっている。そのため, 照度は自動制御が可能であるが, 色温度は, 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用したアルゴリズム(Adaptive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient: ANA/RC)<sup>5)</sup>を用いる。山登り法は, 現在の解を基に次ステップの解を生成し, 解が良好な方向へ向かえば解を受理するという遷移を繰り返していくことで最適解を導くアルゴリズムである。設計変数を照明の明るさである光度とし, 現在照度と目標照度との差および使用電力量からなる目的関数を最小化するように制御を行う。また, 知的照明システムでは, 照明と照度センサの位置情報を入力する必要はなく, 目標照度へ推移する過程の中で, 照明は光度の変化量とセンサの照度の変化量から, センサに対する影響を把握し, その情報を制御に組み込むことで素早くユーザの要求する照度を実現する。

## 3 光度と色温度を連動した照明制御システム

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おり, Fig. 1 のように, 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報告がされている<sup>6)</sup>。

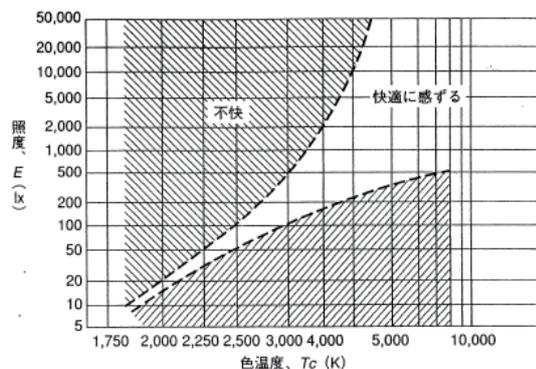


Fig.1 照度と色温度の快適領域

これらの関係を基に, 執務者が求める照度が低照度であれば, 低色温度, 高照度であれば, 高色温度を提供する色温度の制御を行う。高光度で点灯する照明は, 高色温度, 低色温度で点灯する照明は, 低色温度で点灯することで, これらの光環境を実現することが可能になると考えられる。

## 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, 7.2m × 6.0m を占め, 3100[K]~4700[K]まで調光可能な LED 照明を 10 灯, 色彩照度センサ 3 台を設置した。構築した環境を Fig. 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検証する。それぞれの照度センサの目標照度を Table 1 に示す。本実験で仕様した LED 照明の色温度調光可能範囲が 3100[K]~4700[K], 光度の調光可能範囲が, 46[cd]~1299[cd] のため, 46[cd]~160[cd] は 3100[K], 161[cd]~280[cd] は 3200[K]... というように, 照明の点灯光度に応じて, 調光可能な色温度の範囲から

均等に色温度の設定を行った。

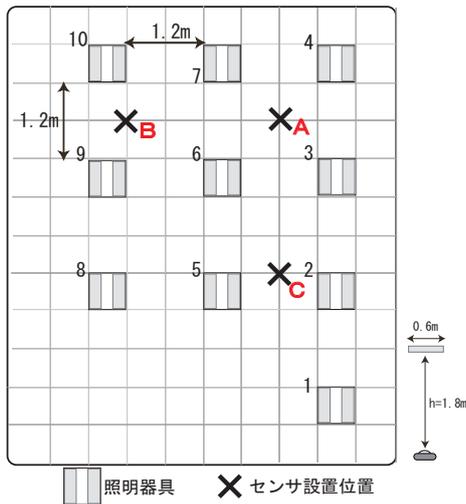


Fig.2 実験環境

Table1 設定目標照度

	目標照度 [lx]
目標パターン A	650
目標パターン B	500
目標パターン C	350

### 4.3 実験結果

Table 1 に示した目標照度で構築システムを稼働させた際の照度履歴を Fig. 3, 色温度履歴を Fig. 4 に示す。なお、初期点灯光度は、最大点灯光度の 90% とする。取束後の点灯光度と点灯色温度を Fig. 5 に示す。

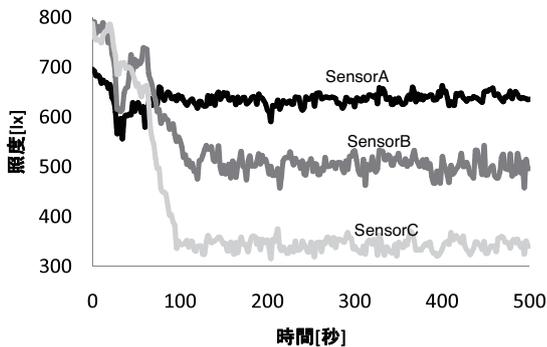


Fig.3 照度推移

### 4.4 考察と今後の展望

Fig. 3 および Fig. 4 より、SensorA の照度が 650 lx, SensorC の照度が 350 lx 程度であるのに対し、色温度は、4600 K, 4100 K と、あまり大きな色温度差をつけることができなかった。Fig. 5 より、SensorC の目標照度が 350 lx であるのに対し、照明 3 と照明 6 が高色温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

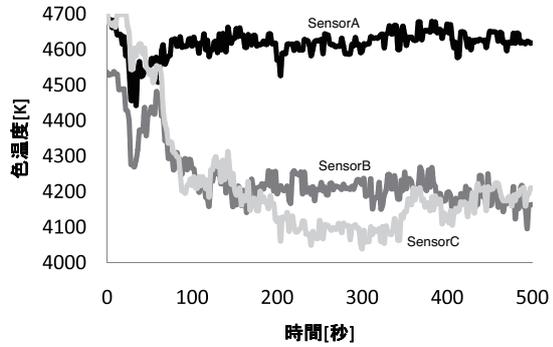


Fig.4 色温度推移

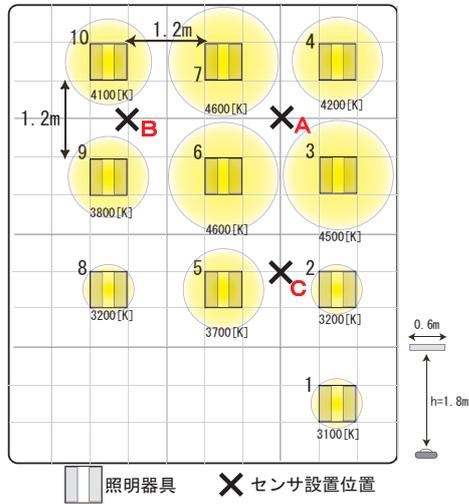


Fig.5 点灯光度および色温度

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、実現色温度の評価も考慮した照明制御システムを構築する必要がある。

### 参考文献

- 1) 橋本哲ら, 室内環境の改善によるプロダクティビティ向上に関する調査研究, 空気調和・衛生工学会論文集 No.93, pp67-76, 2004.4
- 2) 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
- 3) 大林史明ら, オフィスワーカーのプロダクティビ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シンポジウム 2006, Vol.1, No.1322, pp.151-156, 2006
- 4) 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
- 5) 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
- 6) A.A.Kruithof, Tubular Luminescence Lamps for General Illumination, Philips Technical Review 6, pp.65-96, 1941