

照度および色温度を連動制御することで 色彩照度計を用いずに個別照明環境を実現する知的照明システム

川島 梨沙

Risa KAWASHIMA

1 はじめに

我々はオフィスの光環境に着目し、個々の執務者の要求する照度および色温度を提供する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、制御装置が搭載された照明器具、電力計および照度・色温度が計測可能な色彩照度計から構成される。各執務者は各色彩照度計に目標照度および目標色温度を設定することで、その値を満たしかつ電力が最小となる点灯パターンを実現する。

知的照明システムは既にその有効性が認められ、東京都内の複数のオフィスにおいて実証実験を行っている。実際のオフィスに導入した知的照明システムでは、色彩照度計が高価であることから、照度センサのみを用いて制御を行っている。ここでは、照度制御は最適化アルゴリズムを用いて行なっている。一方、色温度制御は執務者がユーザーインターフェースを用いて、各照明の色温度を手動で設定しており、これは執務者の負担となっている。また、知的照明システムにおいて、執務者の要求する照度に対しどのような色温度を設定すべきか分からず、要求する照度に適した色温度を選択することは、執務者の手間と言える。

そこで、これらの負担を低減するため、色彩照度計を用いずに執務者が設定した目標照度に対し一般的に望ましいとされる色温度を提供する照明制御手法を提案する。

2 知的照明システム

知的照明システムとは、指定した場所に執務者が要求した照度および色温度を省電力で提供する照明システムである。各照明に設置された制御装置が色彩照度計から得られる照度情報、色温度情報、そして電力計から得られる消費電力情報を基に、最適化アルゴリズムを用いて各照明の光度を変化させる。これを繰り返すことにより、執務者が要求する照度と色温度を実現する。

また、知的照明システムでは、色彩照度計の物理的な位置情報を必要としない。これは、各色彩照度計から得られる照度情報と各照明から得られる光度情報から、照明が色彩照度計に及ぼす明るさの影響度合い(照度/光度影響度係数)を学習することで、色彩照度計の位置を推定しているためである。

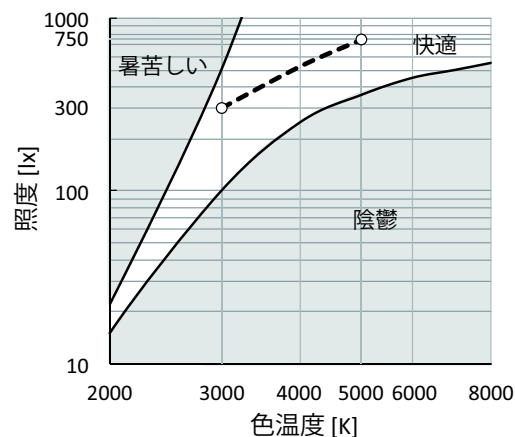


Fig.1 クルーズフ曲線を用いた照度・色温度の快適線

3 色彩照度計を用いず、指定した照度に応じた色温度を提供する照明制御手法

3.1 指定した照度に応じて色温度を自動決定する手法

照度および色温度の関係についての研究は既に行われており、色温度の低い室内では落ち着いた暖かい雰囲気になり低照度が適しているのに対して、色温度が高い室内では照度が低いと陰気な雰囲気になるため高照度が適切であると報告されている²⁾。また、集中的業務を行う際、照度および色温度がともに高い照明環境の室内環境における評価が高く、作業のパフォーマンスも向上するとされている。さらに、創造的業務において執務者が最適と感じる照度は選好色温度に関わらず低照度であり、低色温度が適していると報告されている³⁾。

そこで、提案手法では低照度が要求された場合は低色温度、高照度が要求された場合は高色温度となるよう、各執務者の目標照度に応じて目標色温度を自動設定することで、色温度設定の操作を簡略化する。Fig.1 に提案手法の概念図を示す。なお、一般的なオフィスで求められる照度は 300 lx ~ 750 lx 程度、色温度は 3000 K ~ 5000 K 程度である。そこで、提案手法では 300 lx が要求された場合は 3000 K、750 lx が要求された場合は 5000 K とし、その間の照度および色温度の関係を Fig.1 で示す波線で結ぶことで、目標照度に応じた色温度の対応付けを行う。

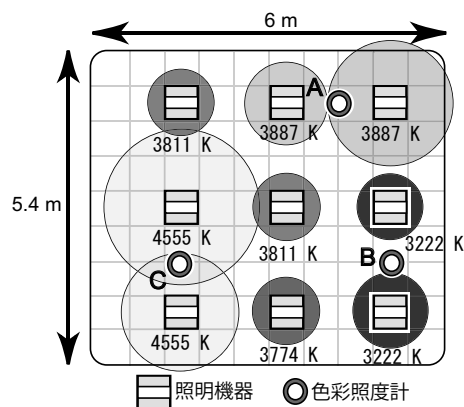


Fig.2 提案手法を用いた場合における各照明の点灯状況

3.2 照度・色温度連動制御手法の概要

提案手法は、照度/光度影響度係数を基に照度センサに近い照明を抽出し、それを Fig.1 の快適線を用い、目標照度に応じた色温度で点灯する。また、ひとつの照明に対して近い照度センサが複数個ある場合、各照度センサに設定された目標色温度から平均ミレッド値を算出し、その色温度で照明を点灯する。ミレッドとは色温度の逆数を表した値であり、色温度は人間の視覚色認識と比例関係を持たないため、色差を求める場合にはミレッドが用いられる。提案手法では、複数の照度センサに設定された目標色温度を考慮し、その色差の平均値を取った平均ミレッド値で、複数の照度センサに近い照明を点灯する。

4 検証実験

4.1 実験概要

提案手法の有効性を示すため、検証実験を行った。実験室は、5.4 m × 6.0 m × 2.5 m の空間であり、実験の際には壁面からの反射光による外乱を避けるため暗幕を設けた。また、2700 ~ 5400 K、26 ~ 2040 cd まで調光可能な SHARP 社製 LED 照明を 9 灯およびコニカミノルタ社製色彩照度計 (CL - 200) 3 台を Fig.2 のように設置した。検証実験では、照度センサ間の距離を照明配置間隔の約 2 倍程度開けて検証を行い、色温度の実現性を明らかにする。なお、色彩照度センサから得られる色温度情報は、提案手法における色温度の実現性を確認するためにのみ用いる。

提案手法における照度センサに影響のある照明の抽出には、120 秒分のデータから算出された照度/光度影響度係数を用いる。これは実際のオフィスに導入した知的照明システムで採用している学習時間である。

各照明の初期状態を最大点灯光度とし検証を行う。なお、昼白色照明と電球色照明を最大点灯光度で点灯したときの色温度は約 3800 K となる。また、センサ A, B, C の目標照度をそれぞれ 500 lx, 350 lx, 650 lx とした。

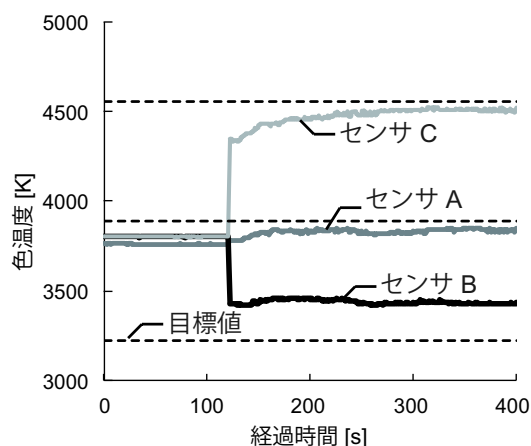


Fig.3 提案手法を用いた場合における色温度履歴

4.2 実験結果

照度センサを照明配置間隔の 2 倍程度（本実験環境では約 2.8 m）離して配置した場合における、照度および色温度の実現性において検証する。提案手法を用い、照度および色温度が共に安定した 400 秒時の照明の点灯光度と色温度を、Fig.2 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向の光度を示し、円の色が濃くなるにつれて色温度は低くなるとした。また、各照明の真下に各照明の色温度を記した。センサ A, B, C に設定された目標照度から、Fig.1 の関係線を用いることで、目標色温度はそれぞれ 3222 K, 3889 K, 4556 K となった。提案手法の点灯パターンを示す Fig.2 では、照度センサに近い照明 2 灯は対応する照度センサの目標色温度で点灯している。また、この 2 灯以外の照度センサに近い照明は、対応する各照度センサの平均ミレッド値で点灯したのを確認した。

次に、実験結果から得られた照度および色温度履歴について検証を行う。なお、各照度センサの目標色温度は、照度収束実験の結果から、それぞれ目標値の ± 50 lx で収束したことを確認した。Fig.3 に色温度履歴を示す。Fig.3 において、センサ A およびセンサ C は目標色温度の ± 50 K 以内、センサ B は ± 250 K 以内で実現することを確認した。センサ C の目標照度は、他の照度センサに比べ 350 lx と低いため、色温度の実現に差が出たと考えられる。

参考文献

- 1) 芦辺麻衣子, 三木光範, 廣安知之. 知的照明システムにおける照度と色温度の個別分散制御. 情報処理学会研究報告. BIO, バイオ情報学, Vol. 2008, No. 126, pp. 69-72, 2008.
- 2) A.A.Kruithof, Tubular Luminescence Lamps for General Illumination, Philips Technical Review 6, pp.65-96, 1941.
- 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.