

色彩照度計を用いずに各執務者の要求した色温度を実現する知的照明システム

Implementation of User Requested Illuminance and Color Temperature in Intelligent Lighting System by only using Illuminance Sensor

三木 光範[†] 川島 梨沙[†] 東 陽平^{*} 池上 久典^{*} 間 博人[†]
Mitsunori Miki Risa Kawashima Yohei Azuma Hisanori Ikegami Hiroto Aida

1. はじめに

近年、オフィス環境での快適性の向上を求める声が高まっており、オフィス環境を改善することにより、知的生産性が向上すると報告されている [1]。そこで、著者らはオフィスの光環境に着目し、各執務者が要求した明るさを実現する知的照明システムの研究を行っている [2]。

光環境を構成する要素には照度や色温度などがあり、色温度を改善すれば知的生産性が向上すると報告されている [3]。知的照明システムでは、色彩照度計を用いることで照度だけではなく色温度の制御も可能になる。しかし、色彩照度計は照度センサに比べて高価である。一方で、色彩照度計を用いずに色温度を制御する手法も既に提案されているが、この手法では各照明の色温度を一灯一灯に設定する必要があるため、執務者の手間と言える。

そこで、本研究では色彩照度計を用いず、照度のみを計測する照度センサを用いて各執務者が要求した色温度を実現する知的照明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、任意の場所に執務者の好みの明るさを省電力で実現する照明システムである。図 1 に示すように、照明器具、制御装置、照度センサおよび電力計を繋ぐネットワークから構成される。執務者は机上面に設置された照度センサに目標照度を設定する。そして、設定された目標照度を実現するため、各照明は人に感知されない範囲で繰り返し明るさ（光度）を変化させることで最適な点灯パターンを実現する。また、この制御アルゴリズムでは、各照度センサに対する各照明の影響度を回帰分析により推定している。これを逐次的に行うことで、最適化を効率的に行うことができる。

3. 色彩照度計を用いずに色温度を実現する知的照明システム

本提案手法では、色温度の異なる 2 灯の照明を一台の照明として用いる。これらの点灯比率を変化させることで、色温度を目標値へと近づけることが可能である。あらかじめ、ある色温度を実現するための点灯比率を予備実験により求めておき、それらを参照することで執務者の求める色温度を実現することができる。しかし、複数人の執務者がいる環境では、執務者に近い照明のみにこの手法を適用させる必要がある。これは、照度センサに対して影響度の大きい照明を抽出することで解決できる。

知的照明システムでは、前述したように回帰分析により各照度センサに対する各照明の影響度を求めており、

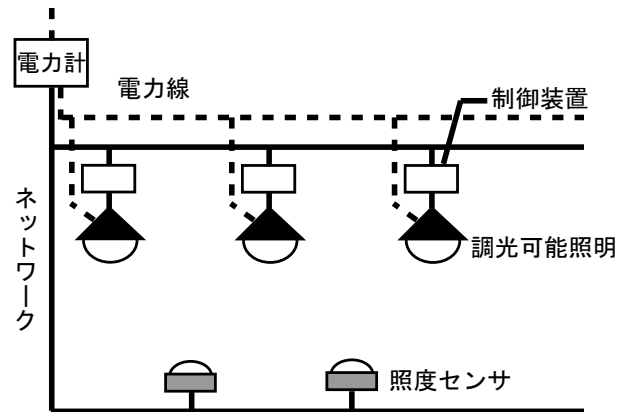


図 1: 知的照明システムの構成

これを利用することが考えられる。しかし、回帰分析では照度センサに最も近い照明 2 灯程度は特定できるものの、その他は推定誤差により誤った判断をする場合がある。その結果、ある執務者（照度センサ）から遠く離れた照明が要求された色温度で点灯し、他の執務者に影響を与える可能性がある。

この問題は、回帰係数の大きい 2 灯と、実際の照明の位置を示す配置図を基に、照度センサに近い照明をより正確に特定することで解決できる [4]。本提案手法では、これをもとに執務者に近い位置にある照明のみを、執務者の要求した色温度で点灯させる。

4. 検証実験

4.1 実験概要

本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、広さ 5.4 m × 6.0 m であり、壁面には暗幕を設けた。また、3000 K ~ 4200 K まで調光可能な LED 照明を 9 灯設置し、色彩照度センサを 3 台設置した。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用いる。検証実験では、照度センサの設置位置が離れている場合について、色彩照度計を用いる知的照明システム（光度・色温度独立制御型）[5] と本提案手法（光度独立・色温度群制御型）の比較実験を行った。目標とする照度と色温度として、センサ A に 500 lx - 3600 K、センサ B に 350 lx - 3200 K、センサ C を 650 lx - 4000 K と設定した。

*同志社大学大学院

[†]同志社大学理工学部

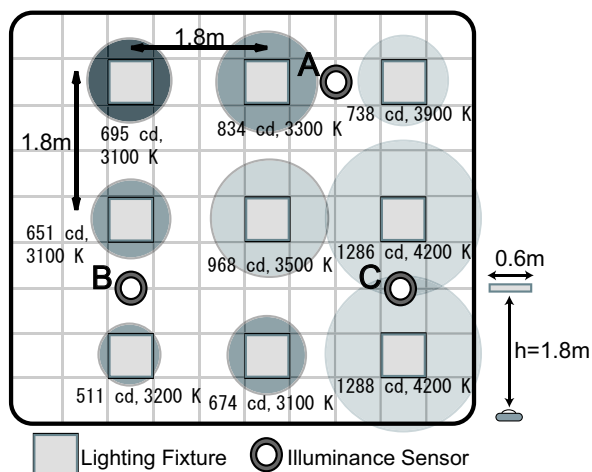


図 2: 光度・色温度独立制御型における各照明の点灯状況

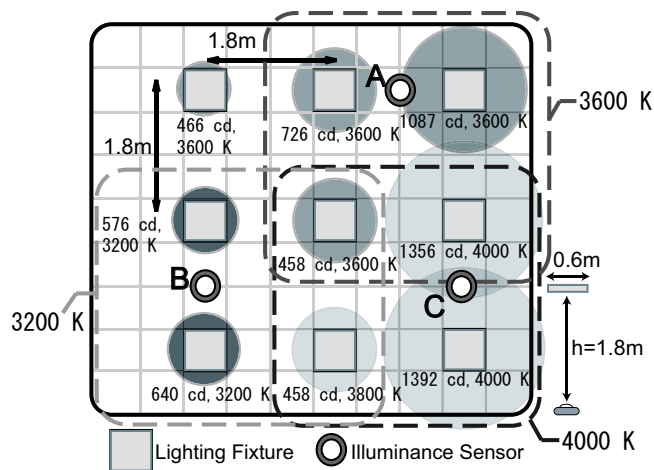
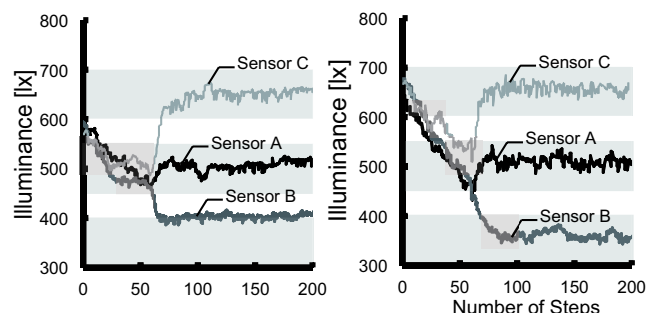


図 3: 光度独立・色温度群制御型における各照明の点灯状況

4.2 光度分布における検証

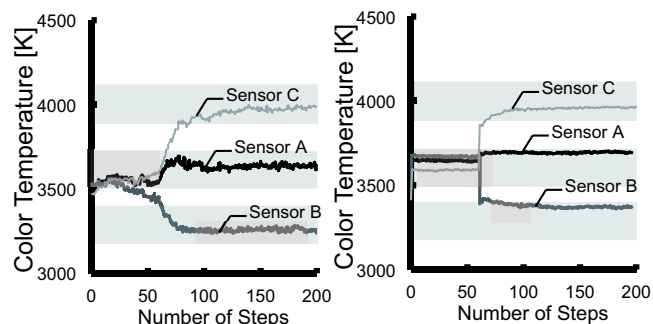
各照明における点灯状況を検証する。各手法を150ステップ試行した後の従来手法および本提案手法の点灯光度と色温度を図2、図3に示す。なお、1回の探索に要する時間はおおよそ2秒である。また、各照明を中心とした円の大きさが各照明の鉛直下方向の光度を示し、円の色が濃くなるにつれ色温度は低くなるとする。また、各照明の真下に各照明の光度と色温度を記した。

実験結果より、従来手法では各照明の色温度が一灯一灯ごとに変化しているのが分かる。これは、要求された色温度を満たすよう、色彩照度計から得た色温度情報をもとにフィードバック制御を行なっているためである。これに対し、本提案手法では色彩照度計を利用しなくとも、各照度センサに近い照明が要求された色温度で点灯しているのが確認できた。



(a) 光度・色温度独立制御型 (b) 光度独立・色温度群制御型

図 4: 照度の履歴



(a) 光度・色温度独立制御型 (b) 光度独立・色温度群制御型

図 5: 色温度の履歴

4.3 照度と色温度の検証

要求照度と色温度の実現性を検証する。各手法の照度および色温度の履歴を図4、図5に示す。本提案手法において、人の認識できる照度の変化は ± 50 lxであるため[6]、全ての照度が満たせていることが確認できた。また、色温度に関しては、従来手法に比べ実現性が低いものの、目標値の ± 100 Kで実現していることがわかる。よって、本提案手法により任意の場所に任意の照度と色温度を実現できることが確認できた。

参考文献

- [1] 大林史明, 富田和宏, 服部瑤子, 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・快適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. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2006, 2006.
- [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, No. 3, pp. 399–410, 2007.
- [3] 三木光範, 谷口由佳. 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.
- [4] 三木光範, 東陽平, 小野景子, 吉井拓郎. 個別照度を提供する分散制御照明システムにおける照度センサの移動に適應する消灯メカニズム. 同志社大学理工学研究報告, Vol. 53, No. 2, pp. 92–98, 2012.
- [5] 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.
- [6] JIS. JISZ9110:照明基準総則, 2011.